

21世纪 高等学校本科系列教材

总主编 罗固源

路基路面工程

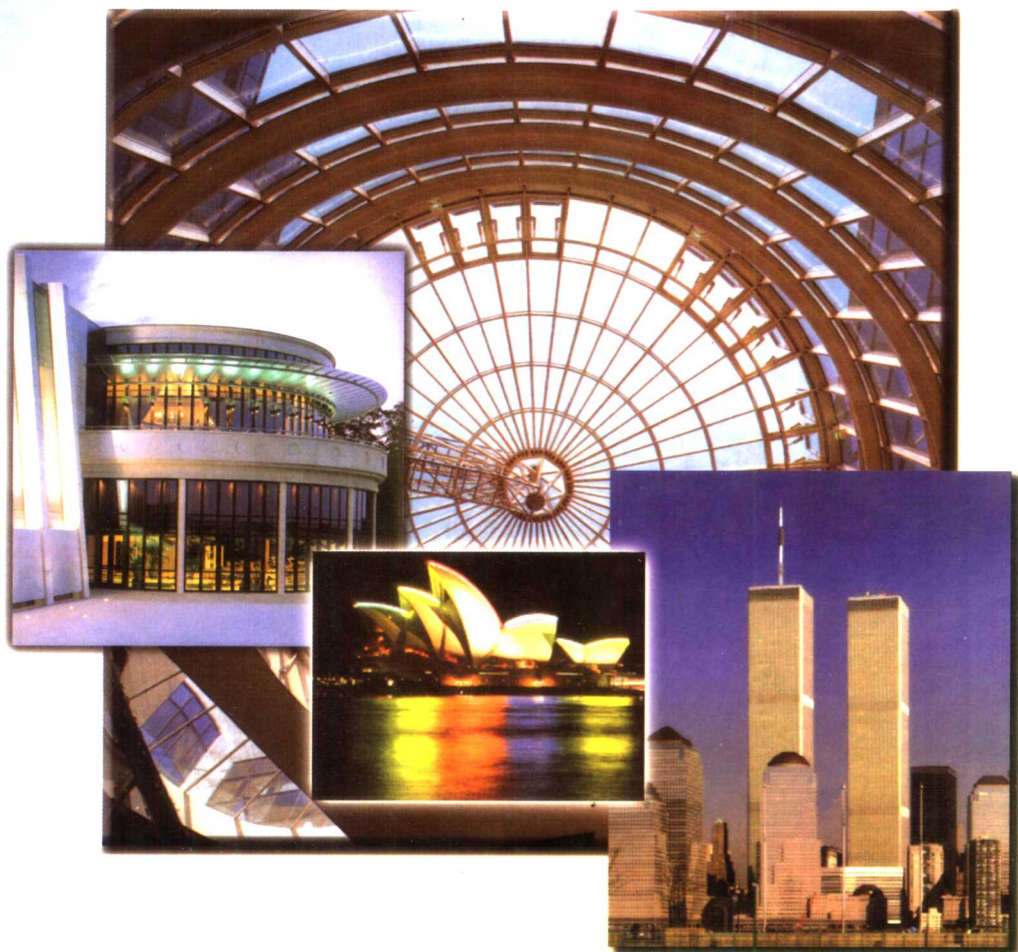
(上)

路基工程

(47)

何兆益 杨锡武 主编

廖正环 主审



重庆大学出版社

中国公路建设成就展

路基路面工程

主编
副主编
编委



路基路面工程

(上)
路基工程

何兆益 杨锡武 主编
廖正环 主审

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书分为上、下两册共 15 章,上册主要内容为:路基工程总论、一般路基设计、路基边坡稳定性设计、挡土墙设计、土质路基施工、石质路基爆破施工,下册主要内容为:路面工程总论、行车荷载、环境因素、路面基(垫)层、沥青类路面、路面材料的力学性质、沥青路面设计、水泥混凝土路面、水泥混凝土路面设计、路面的评定与养护管理等。

本书为高等院校土木工程类公路与城市道路工程、桥梁与隧道工程、机场工程专业的教材,也可供公路与城市道路工程、市政工程等部门相关专业的工程技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

路基路面工程/何兆益,杨锡武主编. —重庆:重庆大学出版社,
2001. 11
土木工程专业本科系列教材
ISBN 7-5624-2399-7

I. 路... II. ①何... ②杨... III. ①路基—道路工程—高等学校—教材
②路面—道路工程—高等学校—教材 IV. U416

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 075788 号

路基路面工程 (上)

路基工程

何兆益 杨锡武 主编
责任编辑 曾令维

*

重庆大学出版社出版发行
新华书店经销
重庆华林印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:12.5 字数:312 千
2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷
印数:1—4 000

ISBN 7-5624-2399-7/TU·98 定价:18.00 元

前言

《路基路面工程》是高等院校土木工程类的公路与城市道路工程、机场工程和桥梁与隧道工程等专业方向的一门重要专业课。本书是根据我国最新颁布的公路工程技术标准及有关规范编写的。全书分为上下两册,上册主要介绍路基工程的基本概念,路基设计理论和方法,主要内容包括:路基工程总论,一般路基设计,路基边坡稳定性设计,挡土墙设计,土质路基施工与路基石方爆破等;下册主要介绍路面设计理论和方法,主要内容包括:行车荷载,环境因素和路面材料特性,路面基层,沥青类路面,水泥砼路面,沥青路面与水泥砼路面设计等。

本课程是一门理论与实践并重,实践性较强的课程。教学中应辅以生产实习、实验和课程设计等教学手段,以培养学生综合运用理论知识解决工程实际问题的能力。

本书由何兆益、杨锡武主编,杨锡武负责路基工程部分,并编写第1、2、3、4、5章,冯晓编写第6章;何兆益负责路面工程部分,并编写第7、12、15章,方琴(贵州工业大学)编写第8、9、10、11章,叶巧玲编写第13、14章。全书由何兆益统稿,廖正环教授主审。

限于编者水平,本书不足和错误之处在所难免,敬请使用本书的单位或个人多提宝贵意见,来信请寄重庆交通学院道路工程系(邮编400074),以便再版时修改。

编者

2001年10月

目录

第1章 路基工程总论	1
1.1 概述	1
1.2 土基的受力与强度	3
1.3 路基的破坏形式与原因分析	7
1.4 公路自然区划与土基干湿类型	11
1.5 路基土的分类与工程性质	20
第2章 一般路基设计	24
2.1 路基的构造与典型横断面	24
2.2 路基排水设计	32
2.3 路基边坡防护与加固设计	57
第3章 路基边坡稳定性设计	64
3.1 概述	64
3.2 直线法	66
3.3 圆弧法	68
3.4 折线法	73
3.5 浸水路堤边坡稳定性验算	75
3.6 边坡稳定性设计示例	78
第4章 挡土墙设计	82
4.1 挡土墙的类型及使用条件	82
4.2 挡土墙的构造	85
4.3 挡土墙的土压力计算	89
4.4 挡土墙稳定性验算	103
4.5 浸水挡土墙设计	117
4.6 地震地区挡土墙设计	121
4.7 加筋土挡土墙设计	123
4.8 轻型挡土墙设计	132

4.9 挡土墙的布置及设计示例	140
第5章 土质路基施工	149
5.1 概述	149
5.2 土质路基施工	151
5.3 路基压实	156
第6章 石质路基爆破施工	161
6.1 炸药与起爆方法	161
6.2 爆破原理	164
6.3 爆破设计参数的确定	170
6.4 综合爆破方法	178
6.5 大爆破设计及施工	184
主要参考文献	191

第 I 章

路基工程总论

1.1 概 述

1.1.1 路基工程特点

路基是按照路线位置和一定技术要求修筑的带状构造物,是路面的基础,承受由路面传递下来的行车荷载。它贯穿公路全线,与桥梁、隧道相连,构成公路的整体。

作为公路建筑的主体,路基工程具有以下特点:工程数量大、耗费劳力多、涉及面广、投资高等。以平原微丘区三级公路为例,每公里土石方数量约 $8\,000\sim 16\,000\text{m}^3$,而山岭重丘区三级公路每公里土石方数量可达 $20\,000\sim 60\,000\text{m}^3$ 以上,据建国以来的部分资料分析,一般公路的路基修建投资占公路总投资的 $25\%\sim 45\%$,个别山区公路可达 65% 。路基是带状的土工建筑,路基施工改变了原有地面的自然状态,挖、填、借、弃土涉及当地生态平衡、水土保持和农田水利等自然环境。因此,路基设计和施工必须与当地农田水利建设和环境保护相配合。路基工程对工期影响大,在工程地质和水文条件复杂的路段,不但工程技术问题多,施工难度大,增加工程投资,而且常成为影响全线工期的关键。路基工程质量对公路的质量和运营具有十分重要的影响,路基质量差,将引起路面沉降变形和破坏,增加养护维修费用,影响行车舒适、安全和道路的服务水平。因此,对路基的设计和施工质量必须予以重视,确保路基工程质量。

1.1.2 路基设计的一般要求

路基除断面尺寸应符合设计标准外,还应满足下列基本要求:

(1) 具有足够的整体稳定性

路基是直接在地面上填筑或挖去一部分地面建成的。路建成建后,改变了原地面的天然平衡状态。在工程地质不良地区,修建路基则可能加剧原地面的不平衡状态;开挖路堑使两侧边坡土体失去支承力,可能导致边坡坍塌或滑坡;天然坡面特别是陡坡面上的路堤,可能因自重而下滑。对于上述种种情况,都必须因地制宜地采取一定措施来保证路基的整体稳定性。

(2) 具有足够的强度

公路上的行车荷载,通过路面传递给路基,对其产生一定压力,路基自重及路面的重量也给予路基和地基一定压力。这些压力都可使路基产生一定的变形,使路面变形而遭到破坏,直接影响路面的使用品质。因此,要求路基应具有足够的强度,以保证外力作用下,不致产生超

过容许范围的变形。

(3)具有足够的水温稳定性

路基在地面水和地下水作用下,其强度将显著地降低。特别是在季节性冰冻地区,由于水温状况的变化,路基将发生周期性冻融作用,使路基强度急剧下降。因此,对路基不仅要求其具有足够的强度,而且还应保证在最不利的水温状况下,强度不至于显著地降低,以使路面处于正常稳定状态,亦即要求路基具有足够的水温稳定性。

1.1.3 路基设计与施工的基本内容

从工程性质和结构特点来说,路基是一种由土石修筑而成的土工建筑物。它的结构形式虽然简单,但由于是设在地面之上,暴露于大气中,受地形、地质、水文和气候等自然因素的影响极大,如果设计、施工不当,容易产生各种经常性的病害,导致路面遭到破坏,影响交通和行车安全,或耗费大量投资进行修复。同时,公路建设还与其他人类经济活动密切相关,因此路基设计、施工还必须妥善处理好与周围环境及农田水利基本建设的关系。

为了搞好路基工程,消除病害,路基设计与施工必须做到严格掌握技术标准,精心设计,精心施工,确保工程质量。其具体内容应包括以下几个主要方面。

(1)设计

①做好沿线自然情况的勘察工作,收集必要的设计资料,作为路基设计的依据。

②根据路线纵断面设计确定的填挖高度,结合沿线地质、水文调查资料,进行路基主体工程(路堤、路堑、半挖半填路基及有关工程等)设计。一般路基,可根据规范规定,按路基典型断面直接绘制路基横断面图。对下列情况须进行单独设计:工程地质、水文条件复杂或边坡高度超过规范规定高度的路基;修筑在陡坡上的路堤;在各种特殊条件下的路基,如浸水路堤,采用大爆破施工的路基及软土或震害严重地区的路基等。

③根据沿线地面水流及地下水埋藏情况,进行路基排水系统的总体布置,以及地面和地下排水结构物的设计与计算。

④路基防护与加固设计,包括坡面防护、冲刷防护与支挡结构物等的布置与计算。

⑤路基工程其他设施的设计,包括取土坑、弃土堆、护坡道、碎落台及辅道等的布设与计算。

(2)施工

①进行现场调查,研究和核对设计文件。编制施工组织计划,确定施工方案,选择施工方法,安排施工进度。完成施工前的组织、物质和技术准备工作。

②开挖路堑,填筑路堤,修建排水及防护加固结构物,进行路基主体工程及其他工程的施工。

③按照设计要求,对各项工程进行检查验收,绘制路基施工竣工图。

1.2 土基的受力与强度

1.2.1 路基的受力与路基工作区

(1) 路基的受力

路基在工作过程中,同时受到由路面上传递下来的车辆荷载,以及路基和路面的自重作用,图1-1为土质路基受力时,不同深度 Z 范围内的应力分布图。

其中, σ_1 为车轮荷载在土基内部任一点产生的竖向压应力,把车轮荷载简化为集中荷载时, σ_1 可按布辛奈斯克(J. Boussinesq)公式进行计算,即:

$$\sigma_1 = \frac{P}{Z^2} \cdot \frac{3}{2\pi[1+(\frac{r}{Z})^2]^{5/2}} \quad (1-1)$$

为使用方便,式(1-1)可简化为:

$$\sigma_1 = K \cdot \frac{P}{Z^2} \quad (1-2)$$

式中: P ——车辆荷载,kN;

Z ——荷载下的垂直深度,m;

K ——应力系数, $K = \frac{3}{2\pi[1+(\frac{r}{Z})^2]^{5/2}}$ 。

土基自重引起的压应力 σ_2 用下式计算:

$$\sigma_2 = \gamma \cdot Z \quad (1-3)$$

式中: γ ——土的容重,kN/m³。

因此,土基中任一点受到的竖向压应力 σ_z 为:

$$\sigma_z = \sigma_1 + \sigma_2 = K \cdot \frac{P}{Z^2} + \gamma Z$$

(2) 路基工作区

由式(1-2),(1-3)两式可见,车辆荷载产生的垂直应力 σ_1 随深度的增加而减小,自重应力 σ_2 则随深度的增加而增大,因此,车轮荷载在土基中产生的应力 σ_1 与土基自重应力之比 $\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$ 亦随之急剧变小。如果此比值减小到一定数值,例如 $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = 0.1 \sim 0.2$,即在某一深度 Z_0 处,行车荷载在土基中产生的应力仅为土基自重应力的 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$,与土基自重引起的应力 σ_2 相比,车辆荷载在 Z_0 以下土基中产生的应力已经很小,可忽略不计。把车辆荷载在土基中产生应力作用的这一深度范围叫路基工作区。

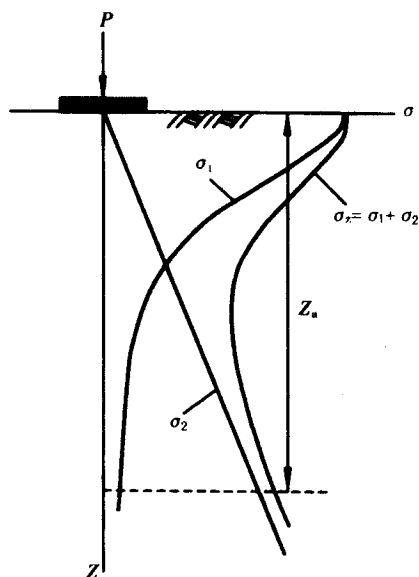


图1-1 土基中沿深度的应力分布示意图

σ_1 —车辆荷载引起的应力;

σ_2 —土基自重引起的应力;

σ_z —应力之和

据此可以得到路基工作区深度 Z_0 的计算式:

$$\sigma_1 = \frac{1}{n}\sigma_2 \quad (1-4)$$

或

$$K \cdot \frac{P}{Z_0^2} = \frac{1}{n}\gamma \cdot Z_0$$

$$Z_0 = \sqrt[3]{\frac{KnP}{\gamma}} \quad (1-5)$$

表 1-1 是用式(1-5)计算的几种国产车型的 Z_0 值,其中 $\gamma=18\text{kN/m}^3$, $\frac{1}{n} = \frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$ 。

表 1-1 路基工作区深度

车 型	$P = \frac{1}{2}$ (后轴重)/kN	作用深度 Z_0 /m	
		$1/n=1/5$	$1/n=1/10$
黄河 JN-150	$\frac{1}{2}$ (101.60)	1.9	2.4
解放 CA-10B	$\frac{1}{2}$ (60.85)	1.6	2.0
交通 SH-141	$\frac{1}{2}$ (55.1)	1.6	2.0
跃进 NJ-130	$\frac{1}{2}$ (38.3)	1.4	1.7
北京 BJ-130	$\frac{1}{2}$ (27.18)	1.2	1.6
上海 SH-130	$\frac{1}{2}$ (23.00)	1.2	1.5
红旗 CA-773	$\frac{1}{2}$ (15.75)	1.0	1.3
天津 TJ620	$\frac{1}{2}$ (12.5)	1.0	1.2

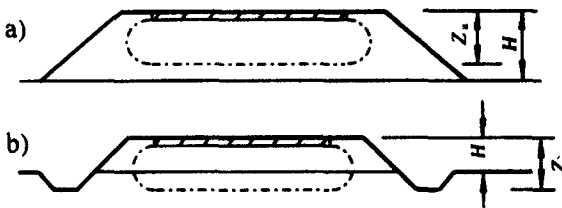


图 1-2 路堤高度与应力作用区深度的关系示意图

a) $H > Z_0$; b) $H < Z_0$.

由于路基、路面材料不同,路面材料的强度和刚度及容重比土基大,路基工作区的实际深度随路面强度和厚度的增加而减小。因此,要精确计算 Z_0 ,须将路面折算为与路基同性质的当量厚度的整体后,再进行计算。

根据上述路基工作区的概念,当路堤填筑高度 $H > Z_0$ (图 1-2a) 时,车辆荷载作用

深度位于填筑高度内,路堤应按规定要求分层填筑与压实, Z_0 内尤其应注意填筑质量;对于 $H < Z_0$ (图 1-2b) 的矮路堤,此时不但要对填土充分压实,而且要保证工作区内原地面下部土层具有足够的强度和稳定性,采取必要的措施,使天然地基下部土层和路堤同时满足路基工作区的设计要求。

1.2.2 土基的强度指标

土基是路面结构的支承体,车轮荷载通过路面传到土基。因此土基的强度和变形特性对

路面结构的整体强度和刚度有很大影响。在路面结构的总变形中,土基的变形占很大部分,约为70%~95%。路面结构的破坏,除其本身原因外,也主要由于土基过大变形所引起。因此,研究土基的强度和变形特性对路面设计具有重要意义。

(1) 土基的应力—应变特性

在一定应力范围内,理想线弹性体的应力与应变关系呈线性特性。当应力消失时,应变亦随之消失,恢复到初始状态。由于路基土的内部结构非常复杂,包括固相、液相和气相。固相又由不同矿物成分、不同粒径的颗粒组成。因此路基土在应力作用下的变形特性同理想线弹性材料有很大区别。

图1-3是用压入承载板试验所得的土基竖向变形 l 与压力 p 之间的关系曲线,图中的曲线变化大致可分3个阶段。

I阶段——弹性变形阶段 在此阶段内,卸载后,变形可以恢复,土基受到弹性压缩,应力与应变的关系曲线呈近似直线。

II阶段——塑性变形阶段 在此阶段内,外力增大,变形发展较快,卸载后,变形不能完全恢复。其中,能够恢复的变形,叫弹性变形;不能恢复的变形,叫塑性变形(或残余变形)。在此阶段范围内,应力应变关系曲线呈曲线。

III阶段——破坏阶段 应力继续增大,变形急剧增大,土体已失去抵抗变形的能力,表明土体已破坏。

土基在外力作用下表现出的这种应力应变特性叫土基的非线性。非线性弹性体的土基的弹性模量 E 并不是一个常数。在重复荷载作用下土基将产生变形累积,使路面产生变形和破坏。

(2) 表征土基强度的指标

路基在外力作用下,将产生变形,路基强度是指路基抵抗外力作用的能力,亦即抵抗变形的能力。在一定应力作用下,变形愈大,土基强度愈低;反之,则表明土基强度愈高。根据土基简化的力学模型不同,以及土体破坏的原因不同,国内外表征土基强度的指标主要有以下几种。

1) 弹性模量 E_0

把土基简化为一弹性半空间体,用弹性模量 E_0 表征其应力应变特性,并作为土基的强度指标。为模拟车轮印迹的作用,通常以圆形承载板压入土基的方法测定其弹性模量 E_0 (图1-3)。

根据弹性力学原理,用圆形承载板测试计算土基回弹模量的公式为:

$$E_0 = \frac{\pi}{4} \frac{pD}{l} (1 - \mu_0^2) \quad (1-6)$$

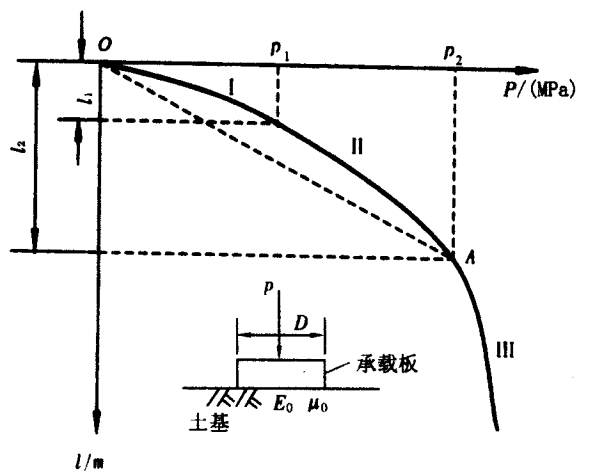


图1-3 土基的应力-应变关系曲线

式中: E_0 ——土基的弹性模量, MPa;

l ——承载板的沉降值, m;

D ——承载板的直径, m;

μ_0 ——土的泊松比, 一般取 0.35;

p ——承载板压力, MN。

由于承载板测试弹性模量的野外测试速度较慢, 因此工程中常用标准汽车作卸载试验, 根据测得的回弹变形(回弹弯沉 l_0) 计算土基回弹模量值, 公式为:

$$E_0 = \frac{pd}{l_0} (1 - \mu_0^2) \times 0.712 \quad (1-7)$$

式中: p ——标准试验车的轮胎压力, kPa;

d ——试验车轮迹当量圆直径, cm;

μ_0 ——土基的泊松比, 取 0.35;

l_0 ——土基不利季节的计算弯沉值, cm, 取平均值加两倍方差。

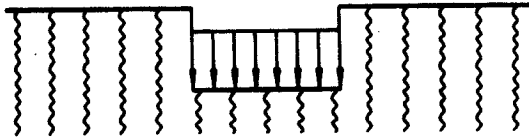


图 1-4 文克勒地基力学模型

与用承载板作加载测试相比, 两者结果相差不大, 但后者测试工作大为简化。
2) 土基反应模量 K_0 。
在刚性路面设计中, 除用弹性模量表征土基强度外, 亦常用土基反应模量 K_0 作为指标。该力学模型假设地基上任一点的反力与该点的挠度成正比, 而与其他点无关, 即土基相当于由互不联系的弹簧组成(图 1-4)。这种地基力学模型首先由捷克工程师文克勒(E. Winkler)提出, 因此, 又叫文克勒地基。地基反应模量 K_0 为压力 p 与沉降 l 之比, 即:

$$K_0 = \frac{p}{l} (\text{N/cm}^3) \quad (1-8)$$

地基反应模量 K_0 值, 用承载板试验确定。承载板的直径规定为 76cm。测试方法与回弹模量测试方法相类似, 但采用一次加载法, 施加的荷载由两种方法控制: 当地基较为软弱时, 用 0.127cm 的沉降控制承压板的荷载; 若地基较为坚硬, 沉降难以达到 0.127cm 时, 以单位压力 $p=0.07\text{MPa}$ 控制承载板的荷载。

3) CBR(California Bearing Ratio)值(加州承载比)

加州承载比是早年由美国加利福尼亚州提出的一种评定土基及其他路面材料承载力的指标。承载能力以材料抵抗局部荷载压入变形的能力表征, 并采用高质量标准碎石为标准, 它们的相对比值即为 CBR 值。

试验时, 用一个端部面积为 19.35cm^2 的标准压头, 以 $0.127\text{cm}/\text{min}$ 的速度压入土中。记录每贯入 $0.254\text{cm}(0.1\text{in})$ 时的单位压力, 直到总深度达到 1.27cm 为止, 此时的贯入单位压力与达到该贯入深度时的标准压力之比即得土基的 CBR 值, 即:

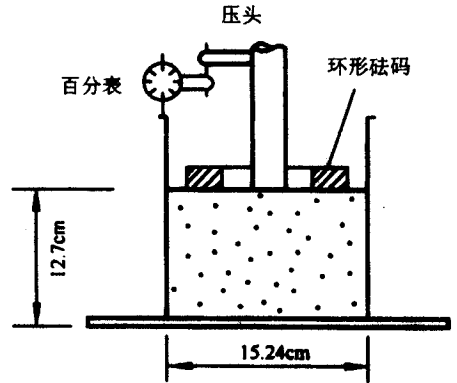


图 1-5 CBR 试验装置示意图

$$\text{CBR} = \frac{p}{p_s} \times 100 \quad (1-9)$$

式中： p ——对应于某一贯入度的土基单位压力，MPa；

p_s ——与土基贯入度相同的标准单位压力(见表 1-2)，MPa。

表 1-2 标准压力值

贯入度/cm	0.254	0.508	0.762	1.016	1.270
标准压力/MPa	7.03	10.55	13.36	16.17	18.23

CBR 试验设备有室内试验与室外试验两种。室内 CBR 试验装置如图 1-5 所示。试件按路基施工时的含水量及压实度要求在试筒内制备，并在加载前浸泡在水中饱水 4d。为模拟路面结构对土基的附加应力，在浸水过程中及压入试验时，在试件顶面施加环形砝码，其重量根据预计的路面结构重量确定，但不得小于 45.3N。试件浸水至少淹没顶部 2.54cm。CBR 值的野外试验方法基本与室内试验相同，但其压入试验直接在土基顶面进行。

以上三项指标，都表征特定力学模型下土基的应力与应变关系。但由于土基是非线性弹性体，其强度还随土质、密实度、水温状况及自然条件而变，因此，在应用各项指标进行路面设计和对土基强度进行评价时，必须与路面结构设计方法相配合，把路基路面的设计力学模型与具体条件和要求联系起来。

4) 抗剪强度指标

土的抗剪强度指土体抵抗剪切破坏的能力。土的抗剪强度对分析土坡稳定以及挡土墙后土压力计算具有十分重要的意义。

土的抗剪强度通常用库仑公式表示：

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1-10)$$

式中： τ ——土的抗剪强度，kPa；

σ ——剪切破坏面上的法向总应力，kPa；

c ——土的单位粘聚力，kPa；

ϕ ——土体的内摩擦角。

c 、 ϕ 值即为土的抗剪强度指标，它反映了土体抗剪强度的大小，是土体非常重要的力学指标。

土的抗剪强度测试有多种方法。若用三轴压缩试验测定，在一定围压下进行轴向加载，可以模拟土体受荷时发生的应力情况。如果试验时可以完全控制排水，水分可以从孔隙流出或排出，则土的性质完全可以按库仑公式(1-10)表示。

1.3 路基的破坏形式与原因分析

路基在各种自然因素及行车荷载作用下，常发生变形，最后导致破坏。其破坏形式多种多样，原因也错综复杂。常见的破坏形式主要有以下几种：

1)路堤的变形破坏,包括:

- ①路堤沉陷;
- ②边坡溜方及滑坡;
- ③路堤沿地基滑动。

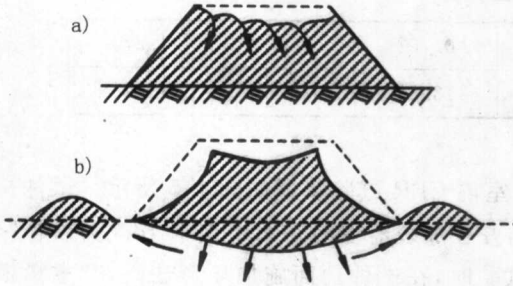


图 1-6 路堤沉陷示意图

a)堤身下陷;b)地基下陷

堤身向下沉陷的变形破坏,如图 1-6 所示。所谓填筑方法不合理,包括不同土质混杂,未分层填筑和压实,土中含有未打碎的大土块或冻土块等。填石路堤因石料规格不一,性质不均,或就地爆破堆积,乱石中空隙很大,在一定期限内(例如经过一个雨季)亦可能产生明显的下沉。此外,原地面比较软弱,例如,遇到软土地基、垃圾堆等填筑前未换土或压实,地基下沉,亦可能引起路堤下陷。冻融作用也常使路基产生不均匀变形。路堤的这类不均匀沉陷,将导致路面变形破坏(图 1-7),影响道路的正常运营。



图 1-7 由于路堤沉降导致路面破坏

(2)边坡溜方及滑坡

溜方是指边坡上薄的表层土,被水浸泡后沿边坡向下滑移的破坏现象。它可能是由于水流冲刷边坡引起的(图 1-8)。

滑坡是路堤边坡土体在重力作用下沿某个滑动面发生剪切破坏。其主要原因有以下几方面:

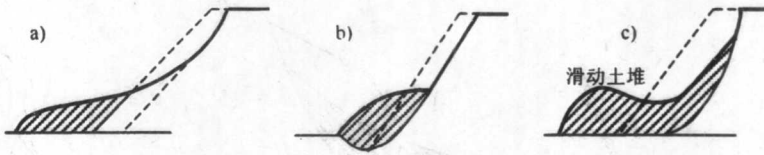


图 1-8 路堤边坡的破坏
a)、b)为溜方;c)滑坡



图 1-9 坡脚被水冲刷后导致的路堤滑坡

- ①边坡过陡;
- ②不正确地应用倾斜层次的方法填筑;
- ③含水量过大,土体粘聚力和内摩阻力降低;
- ④坡脚被水冲刷(图 1-9)。

(3)路堤沿山坡滑动

在较陡的山坡上填筑路基,如果原地面未经清除杂草,凿毛或人工挖台阶,坡脚又未进行必要的支撑,特别是受水的润滑时,填方与原地面之间的抗剪力很小,在自重和荷载作用下,路基整体或局部有可能沿原地面向下移动(图 1-10)。此种破坏虽不普遍,但

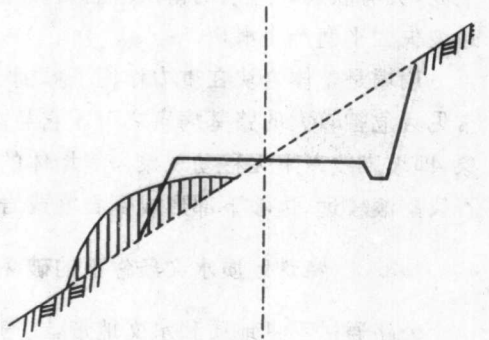


图 1-10 路堤沿山坡滑动示意图

亦不应忽视,如果不针对其产生破坏原因采取措施,路基稳定性就得不到保证,导致路基的破坏。

1.3.2 路堑的变形破坏

(1)边坡剥落和碎落

剥落是指路堑边坡表土层或风化岩层表面,在大气的干湿或冷热循环作用下,表面发生胀缩,使零碎薄层成片状从坡面上剥落下来的风化现象(图 1-11),而且老的脱落后,新的又不断产生。泥质页岩、绿泥岩等松软岩层的路堑边坡易发生这种破坏。路堑边坡剥落的碎石堆积在坡脚下,堵塞边沟,影响路基稳定和妨碍交通。

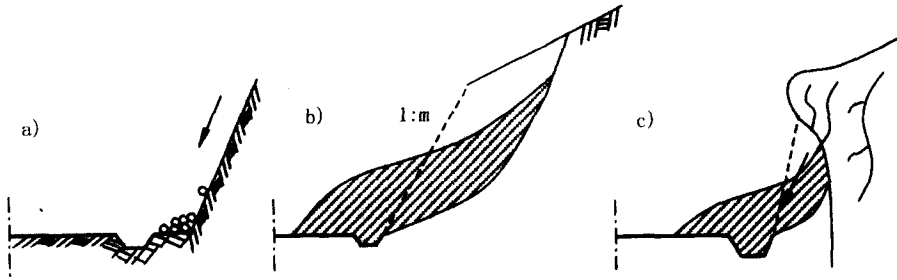


图 1-11 路基边坡破坏示意图

a)碎落;b)滑坍;c)崩塌

碎落是岩石碎块的一种剥落现象,其规模与危害程度比剥落严重。产生的主要原因是路基边坡较陡(大于 45°),岩石破碎,风化严重,在胀缩、震动及水的浸蚀与冲刷作用下,块状岩石沿坡面向下滚落。如果落下的岩块较大(直径 $>40\text{cm}$),以单个或多块落下,此种碎落现象称为落石或坠落。落石的石块较大,降落速度极快,所产生的冲击力可使路基结构物遭到破坏,亦会威胁到行人和行车的安全,有时还会引起其他路基病害。

(2) 边坡滑坍和崩塌

滑坍是指路基边坡土体或岩石,沿着一定滑动面整体向下滑动,其规模与危害程度,较碎落更为严重,有时滑动体可达数百方以上,造成严重堵车。产生滑坍的主要原因是边坡较高,坡度较陡($>50^\circ$),缺少应有的支挡与加固。挖方岩层对公路成顺向坡,岩层倾角在 $50^\circ\sim 75^\circ$ 之间,夹有软弱和透水的薄层或岩石严重风化等,在水的浸蚀和冲刷作用下,形成滑动面致使边坡失去平衡产生滑坍。

崩塌是整体岩块在重力作用下倾倒、崩落。主要原因是岩体风化破碎,边坡较高,是比较常见且危害较大的路基病害之一。它与滑坍的主要区别在于崩塌无固定滑动面,亦无下挫现象,即坡脚线以下无移动现象。崩塌体的各部分相对位置,在移动过程中完全打乱,其中较大石块翻滚较远,边坡下部形成倒石堆或岩堆。

1.3.3 特殊地质水文条件下的破坏

公路通过不良地质和水文地带,或遇较大自然灾害,如滑坡、岩堆、泥石流、雪崩、岩溶(即喀斯特地区)、地震及特大暴雨和严重冰冻等,均能导致路基结构的严重破坏(图 1-12)。

1.3.4 路基破坏原因综合分析

由上面路基变形破坏形式及原因分析可知,路基破坏的原因是多方面的,各种变形破坏既有各自特点,又往往具有共同原因,大致可归纳为以下几个方面。

①不良的工程地质和水文地质条件 如地质构造复杂,岩层走向及倾角不利,岩性松软,风化严重,土质较差,地下水位较高以及其他特殊不良地质灾害等。

②不利的水文与气候因素 如降雨量大,洪水猛烈(图 1-12)、干旱、冰冻、积雪或温差特大等。

③设计不合理 如断面尺寸不合要求,包括边坡取值不当,挖填布置不合要求,最小填土高度不足,未进行合理的防护、加固和排水设计等。