

道路与桥梁专业“十一五”高职高专应用型规划教材

路基路面工程

LUJI LUMIAN GONGCHENG

周娟 李燕 主编



黄河水利出版社

道路与桥梁专业“十一五”高职高专应用型规划教材

路基路面工程

主 编 周 娟 李 燕
副主编 贾晓敏 李若军
主 审 刘文灵

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书主要讲授路基工程概论、一般路基设计、路基边坡稳定性设计、路基排水设计、路基防护与加固设计、挡土墙设计、路面工程概论、路面基垫层设计、沥青路面设计、水泥混凝土路面设计、路基路面施工简介及路基路面现场试验检测方法等内容。

本书主要作为高职高专道路与桥梁工程技术专业、监理专业、检测专业等交通、土建类专业的教材，也可作为有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

路基路面工程/周娟,李燕主编. —郑州:黄河水利出版社,2008.2

道路与桥梁专业“十一五”高职高专应用型规划教材
ISBN 978 - 7 - 80734 - 394 - 3

I. 路… II. ①周… ②李… III. ①路基 - 道路工程 - 高等学校:技术学校 - 教材 ②路面 - 道路工程 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. U416

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 015429 号

出 版 社:黄河水利出版社

地 址:河南省郑州市金水路 11 号

邮 政 编 码:450003

发 行 单 位:黄河水利出版社

发 行 部 电 话:0371 - 66026940

传 真:0371 - 66022620

E-mail:hhslebs@126.com

承 印 单 位:黄委会设计院印刷厂

开 本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张:16.25

字 数:370 千字

印 数:1—4 100

版 次:2008 年 2 月 第 1 版

印 次:2008 年 2 月 第 1 次 印 刷

定 价:28.00 元

前 言

本书根据2007年3月黄河水利出版社组织的全国高职高专道路与桥梁专业规划教材编写大纲研讨会的精神编写。路基路面工程是高职高专公路与桥梁专业、监理专业、道路检测专业的一门必修的专业课,该课程内容涉及广泛,与工程实际联系紧密并具有一定的地区特点。本书通俗易懂,简单明了,理论联系实际。为使读者能掌握路基和路面工程的特点与技术要领,本书以我国最新的有关工程技术标准、规范为依据,着重于系统阐述路基路面工程的基本概念、技术理论和方法。通过学习和掌握本书介绍的理论与方法要点后,读者可参考和运用有关规范,自如地从事路基路面工程方面的技术工作。

参加本书编写工作的有:江西交通职业技术学院周娟编写总论、第一章、第二章和第六章,吴琼编写第四章和第十二章;山东交通职业学院李若军编写第三章;开封大学王朝锋编写第五章;内蒙古工业大学乌海学院李燕编写第七章和第八章;新乡学院(原平原大学)马芸编写第九章;洛阳工业高等专科学校贾晓敏编写第十章;石家庄铁路职业技术学院杜玉林编写第十一章。全书由周娟统稿。

全书由周娟、李燕任主编,贾晓敏、李若军任副主编,江西交通职业技术学院刘文灵教授担任主审,刘教授十分认真、细致地审核了全书内容,并提出了许多宝贵意见,使本书内容更为严谨,在此深表感谢。

本书在编写过程中参考了较多的文献。为此,对文献的编著者表示感谢。

本课程实际教学学时分配建议如下:

- 总 论 讲课 2 学时;
 - 第一章 讲课 4 学时;
 - 第二章 讲课 6 学时;
 - 第三章 讲课 6 学时,课程设计 2 学时;
 - 第四章 讲课 4 学时;
 - 第五章 讲课 6 学时;
 - 第六章 讲课 10 学时,课程设计 2 学时;
 - 第七章 讲课 4 学时;
 - 第八章 讲课 4 学时;
 - 第九章 讲课 6 学时,课程设计 2 学时;
 - 第十章 讲课 8 学时,课程设计 2 学时;
 - 第十一章 讲课 6 学时;
 - 第十二章 讲课 4 学时,试验 4 学时;
- 另外,留机动时间 2 学时,共计 84 学时。

由于编写时间仓促,编者的水平有限,书中难免会存在不妥或疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2007 年 10 月

目 录

前 言	
总 论	(1)
第一章 路基工程概论	(7)
第一节 路基设计的基本内容	(7)
第二节 路基的强度	(8)
第三节 路基用土的工程性质	(11)
第四节 公路自然区划与路基干湿类型	(12)
本章小结	(23)
复习思考题	(23)
第二章 一般路基设计	(24)
第一节 概 述	(24)
第二节 路基的类型	(25)
第三节 路基的构造	(28)
第四节 路基的附属设施	(33)
第五节 路基变形破坏现象、原因	(36)
本章小结	(38)
复习思考题	(38)
第三章 路基边坡稳定性设计	(39)
第一节 概 述	(39)
第二节 边坡稳定分析方法	(41)
第三节 浸水路堤边坡稳定性验算	(49)
第四节 陡坡路堤稳定性验算	(52)
本章小结	(55)
复习思考题	(55)
本章课程设计	(56)
第四章 路基排水设计	(58)
第一节 概 述	(58)
第二节 路基地表排水设施的构造与布置	(59)
第三节 路基地下排水设施的构造与布置	(67)
第四节 路基排水的综合设计	(70)
本章小结	(72)
复习思考题	(72)

第五章 路基防护与加固设计	(74)
第一节 概 述	(74)
第二节 坡面防护	(75)
第三节 冲刷防护	(80)
第四节 湿软地基加固	(81)
本章小结	(85)
复习思考题	(85)
第六章 挡土墙设计	(86)
第一节 概 述	(86)
第二节 重力式挡土墙的构造与布置	(89)
第三节 挡土墙稳定性验算	(95)
第四节 设计计算示例	(103)
本章小结	(105)
复习思考题	(105)
本章课程设计	(105)
第七章 路面工程概论	(107)
第一节 概 述	(107)
第二节 路面结构及层位功能	(108)
第三节 路面的等级与分类	(111)
本章小结	(112)
复习思考题	(112)
第八章 路面基垫层设计	(113)
第一节 概 述	(113)
第二节 碎(砾)石基垫层	(113)
第三节 无机结合料稳定类基垫层	(116)
本章小结	(127)
复习思考题	(127)
第九章 沥青路面设计	(128)
第一节 概 述	(128)
第二节 标准轴载与交通量分级	(130)
第三节 沥青路面的破坏状态与设计标准	(133)
第四节 沥青路面结构设计	(137)
第五节 设计计算示例	(144)
第六节 其他沥青路面简介	(147)
本章小结	(150)
复习思考题	(150)
本章课程设计	(151)

第十章 水泥混凝土路面设计	(153)
第一节 概 述	(153)
第二节 普通混凝土路面的构造	(154)
第三节 水泥混凝土路面的破坏状态和设计标准	(165)
第四节 普通混凝土路面板厚度的设计方法	(169)
第五节 设计计算示例	(176)
第六节 其他类型混凝土路面	(178)
本章小结	(182)
复习思考题	(182)
本章课程设计	(182)
第十一章 路基路面施工简介	(184)
第一节 概 述	(184)
第二节 土质路基施工	(185)
第三节 石质路基施工	(198)
第四节 路面基垫层施工	(200)
第五节 沥青路面施工	(208)
第六节 水泥混凝土路面施工	(216)
本章小结	(223)
复习思考题	(223)
第十二章 路基路面现场试验检测方法	(224)
第一节 概 述	(224)
第二节 压实度的测定与评定方法	(228)
第三节 回弹弯沉的测定与评定方法	(235)
第四节 平整度的测定与评定方法	(238)
第五节 路面抗滑性能的测定方法	(241)
第六节 路面结构层厚度的测定方法	(246)
本章小结	(248)
复习思考题	(248)
参考文献	(249)

总 论

本章学习重点

公路的基本组成部分。

一、公路的发展概况

道路是供各种车辆(无轨)和行人等通行的工程设施。按其使用特点可分为:公路、城市道路、林区道路、厂矿道路及乡村道路等。

公路是连接城市、乡村和工矿基地等,主要供汽车行驶,具有一定技术条件和设施的的道路。公路按使用性质可分为:国家公路、省公路、县公路和乡公路(简称为国、省、县、乡道),以及专用公路五个行政等级。一般把国道和省道称为干线,把县道和乡道称为支线。

国道是指具有全国性政治、经济意义的主要干线公路,包括重要的国际公路,国防公路,连接首都与各省、自治区、直辖市首府的公路,连接各大经济中心、港站枢纽、商品生产基地和战略要地的公路。

省道是指由全省(自治区、直辖市)公路主管部门负责修建、养护和管理的公路干线。国道中跨省的高速公路由交通部批准的专门机构负责修建、养护和管理。

县道是指具有全县(县级市)政治、经济意义,连接县城和县内主要乡(镇)、主要商品生产和集散地的公路,以及不属于国道、省道的县际间公路。县道由县、市公路主管部门负责修建、养护和管理。

乡道是指主要为乡(镇)村经济、文化、行政服务的公路,以及不属于县道以上公路的乡与乡之间及乡与外部联络的公路。乡道由乡级人民政府负责修建、养护和管理。

专用公路是指专供或主要供厂矿、林区、农场、油田、旅游区、军事要地等与外部联系的公路。专用公路由专用单位负责修建、养护和管理,也可委托当地公路部门修建、养护和管理。

我国公路的发展有着漫长的历史,曾经创造了领先于世界的古代道路文化,但是长期的封建制度及近百年帝国主义列强的侵略和掠夺束缚了生产力的发展,导致中国公路的兴建迟至 20 世纪初才开始,并且新中国成立以前发展十分缓慢。至 1949 年新中国成立时,全国只有 13 万 km 公路,而且这些公路大多标准很低,设施简陋,路况很差,能维持通车的仅有 8 万 km。全国有 1/3 的县不通公路。

新中国成立以后,我国进入了社会主义建设的伟大时代。特别是 1978 年以后,国家执行了以经济建设为中心的政策,开始了建设中国特色的社会主义的新时期。公路建设也开创了崭新的局面。2006 年起,将村道纳入公路统计里程,截至 2006 年底,全国公路总里程达到了 345.70 万 km,其中高速公路 4.54 万 km。预计到“十一五”末,全国公路总

里程将达到 370 万 km,其中高速公路里程达到 6.5 万 km,全国农村公路里程将达到 310 万 km,基本实现全国所有乡镇通沥青(水泥)路,所有具备条件的建制村通公路。空前的公路事业发展必将带动公路运输的发展,公路运输已渗入经济建设和社会生活的各个方面。可见,公路建设在国民经济中占有越来越重要的地位。

二、公路的基本组成部分

公路是一种暴露于自然界中的带状的三维空间实体,它的中心线是一条空间曲线。公路中心线及沿线地貌、地物在水平面上的投影图称为路线平面图。沿路线中心线的竖向断面图称为路线纵断面图。中桩处垂直于公路中心线方向的剖面图称为横断面图。

公路的基本组成部分包括:路基、路面、桥梁、涵洞、隧道、防护与加固工程、排水设施、山区特殊构造物(如半山桥、明洞)等。此外,还有各种沿线交通安全、管理、服务、环保等设施。

路基是按照路线位置和一定技术要求修筑的带状构造物。它是路面的基础,承受由路面传递下来的行车荷载,并承受自然因素的作用。

路面是用各种筑路材料铺筑在公路路基上供汽车行驶的构造物。

路床是路面的基础,是指路面底面以下 0.80 m 范围内的路基部分,承受由路面传来的行车荷载。在结构上分上路床(0~0.30 m)及下路床(0.30~0.80 m)两层。

路肩是指位于行车道外缘至路基边缘,具有一定宽度和横坡度的带状结构部分(包括硬路肩与土路肩)。路肩用以保持行车道的功能和供临时停车使用,并作为路面的横向支承。

路基边坡是指为保证路基稳定,在路基两侧做成的具有一定坡度的坡面。为了防止水流对边坡的冲刷,在坡面上所做的各种铺砌和栽植总称叫护坡。

为防止路基填土或山坡土体坍塌而修筑的承受土体侧压力的墙式构造物称为挡土墙。它是路基加固工程的一种结构形式。

为保持路基稳定和强度而修建的地表与地下排水措施称为路基排水设施,包括边沟、截水沟、排水沟、急流槽、跌水、蒸发池、渗沟、渗水井等。

三、对路基的基本要求

(一)符合规范要求

路基横断面形式及尺寸应符合交通部标准《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)(以下简称《技术标准》)的有关规定。

(二)具有足够的整体稳定性

路基的整体稳定性是指路基整体在车辆及自然因素作用下,不产生不允许的变形和破坏。路基是直接在地面上填筑或挖去一部分地面而建成。路基修筑后,改变了原地面的天然平衡状态。因此,为防止路基结构在行车荷载及自然因素作用下发生不允许的变形和破坏,必须因地制宜地采取一定的措施来保证路基结构的整体稳定性。

(三)具有足够的强度

路基的强度是指在行车荷载作用下,路基抵抗变形与破坏的能力。因为行车荷载及

路基路面的自重对路基下层和地基产生一定的压力,这些压力可使路基产生一定的变形,当其超过某一限度时,将导致路基损坏并直接损坏路面的使用品质。为保证路基在外力作用下不产生超过容许范围的变形,路基应具有足够的强度。

(四) 具有足够的水温稳定性

路基的水温稳定性是指路基在水和温度的作用下保持其强度的能力,包括水稳定性和温度稳定性。路基在地表水和地下水作用下,其强度将会显著降低,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,形成冻胀和翻浆,使路基强度急剧下降。

四、对路面的基本要求

(一) 具有足够的强度和刚度

行驶在路面上的车辆,通过车轮把垂直力和水平力传给路面,水平力又分为纵向水平力和横向水平力两种。此外,由于汽车发动机的机械振动和悬挂系统与车身的相对运动,路面还会受到车辆的振动力和冲击力作用,在车身后还会产生真空吸力作用。

在上述各种外力的综合作用下,路面会出现断裂、沉陷、波浪和磨损等破坏,从而影响道路的使用质量,严重时还可能中断交通。因此,路面结构整体及其各组成部分必须具备足够的强度,以抵抗在行车作用下所产生的各种应力,如压应力、拉应力、剪应力等,保证不发生压碎、拉断、剪切等破坏。

刚度是指路面抵抗变形的能力。若路面结构整体或某一组成部分刚度不足,即使强度足够,在车轮荷载作用下也会产生过量的变形,而形成车辙、沉陷或波浪等破坏。因此,路面结构整体及其各组成部分必须具备足够的刚度,把路面结构整体及其各组成部分的变形量控制在容许范围内。

(二) 具有足够的稳定性

路面的稳定性是指路面保持其本身结构强度的性能,也就是指在外界各种影响因素的作用下路面强度的变化幅度。

大气降水使路面结构内部的湿度发生变化。水泥混凝土路面,如果不能及时将水分排出结构层,会发生唧泥现象,冲刷基层,导致结构层提前破坏;沥青混凝土路面中水分的侵蚀,会引起沥青结构层剥落,结构松散;雨季时,砂石路面会因雨水渗入路面结构而强度下降,产生沉陷、松散等病害。因此,防水、排水是确保路面稳定性的重要方面。

大气温度周期性的变化对路面结构的稳定性有重要影响。高温季节沥青路面软化,在车辆荷载作用下产生车辙和推挤,冬季低温时又可能因收缩或变脆而开裂;水泥混凝土路面在高温时会发生拱胀破坏,温度急骤变化时会因翘曲而产生破坏。

(三) 具有足够的耐久性

路面结构要承受车辆荷载的反复作用和大气水温周期性的重复作用,路面材料的各项性能也可能老化衰变,路面使用性能将逐年下降,从而引起路面结构的损坏,缩短路面的使用年限。因此,必须精心设计、精心施工、精选材料,并且要把长期的养护、维修、恢复路面使用性能的工作放在重要的位置,提高路面的耐久性,保持其强度、刚度、几何形态经久不衰。

(四)具有良好的表面平整度

路面表面平整度是影响行车安全、行车舒适性以及运输效益的重要使用性能。特别是高速公路,对路面的平整度要求更高。不平整的路面会增大行车阻力,并使车辆产生附加的振动。这种振动会造成行车颠簸,影响行车的速度和安全、驾驶的平稳和乘客的舒适感。同时,振动还会对路面施加冲击力,从而加剧路面和汽车机件的损坏和轮胎的磨损,并增大油料的消耗。而且不平整的路面还会积滞雨水,加速路面的破坏。因此,为了减小振动冲击力,提高行车速度和增加行车舒适性、安全性,路面应保持一定的平整度。道路等级越高,设计车速越大,对路面平整度的要求也较高。

优良的路面平整度,要依靠优良的施工装备、精细的施工工艺、严格的施工质量控制以及经常和及时的养护来保证。同时,路面的平整度还同整个路面结构和面层材料的强度以及抗变形能力有关。强度和抗变形能力差的路面结构和面层混合料,经不起车轮荷载的反复作用,极易出现沉陷、车辙和推挤等破坏,从而形成不平整的路面表面。

(五)具有良好的表面抗滑性能

路面表面要求平整,但不宜光滑。汽车在光滑的路面上行驶时,车轮与路面之间缺乏足够的附着力或摩擦阻力。在雨天高速行驶,或紧急制动或突然启动,或爬坡、转弯时,车轮也易产生空转或打滑,致使行车速度降低,油料消耗增多,甚至引起严重的交通事故。通常用摩擦系数表征抗滑性能。摩擦系数越小,则抗滑能力越小,越易引起滑溜事故。因此,路面应具有足够的抗滑性能,特别是行车速度较高时,对抗滑性能要求应较高。

路表面的抗滑能力可以通过采用坚硬、耐磨、表面粗糙的集料组成路面表层材料来实现,有时也可采用一些工艺性措施来实现,如水泥混凝土路面的刷毛或刻槽等。此外,路上的积雪、浮冰或污泥等,也会降低路面的抗滑性能,必须及时予以清除。

(六)具有良好的环保性

车辆在砂石路面行驶时引起的灰尘以及行车时车辆在路面上产生的噪音,对乘客、沿路居民的环境卫生、货物和路旁农作物以及车辆本身均带来不良影响。因此,要求路面在行车过程中尽量减少扬尘,降低噪音。

(七)符合规范要求

路面断面形式及尺寸应符合交通部标准《技术标准》的有关规定。

五、影响路基路面稳定性的因素

路基路面结构的主体裸露在大气中,并具有路线长、与大自然接触面广的特点,其稳定性在很大程度上由当地自然条件所决定。因此,应在深入调查道路沿线从总体到局部,从大区域到具体路段的自然情况的基础上,分析研究掌握各有关自然因素的变化规律及对路基路面结构稳定性的影响,从而针对当地实际情况,采取有效的工程措施,以保证路基路面具有足够的强度和稳定性。

(一)影响路基路面稳定性的自然因素

1. 地质和地理条件

道路沿线的地形、地貌及海拔,不仅影响道路的路线走向和线形设计,还影响路基、路面设计。平原、丘陵及山岭区地势各不相同,水温情况各异。平原区地势平坦,易积聚地

面水,地下水位高,路基需保证最小填土高度,路面结构层则需选择水稳定性良好的材料,并采用适当的排水设施;丘陵区地势起伏,山岭区地势陡峭,如路基路面排水设计不当,易导致路基路面稳定性下降,出现各种变形和破坏现象。

道路沿线的地质条件,如岩石的种类、成因、节理、风化及裂隙情况,岩层的走向、倾向和倾角、层理和厚度以及有无软弱层或遇水软化的夹层,有无断层或其他特殊的地质现象(岩溶、冰川、泥石流、地震带)等,都对路基路面的稳定性有一定影响。

2. 气候条件

气候条件如气温、降水、空气湿度、冰冻深度、日照、蒸发、风向、风力等,都将影响道路沿线地表水和地下水的状况,并影响到路基路面的水温状况。

一年之中气候的季节性变化,使路基路面的水温状况也发生季节性周期变化。气候还受到地形的影响,如山南与山北、山顶与山脚的气候差别等因素,都将影响路基路面的稳定性。

3. 水文及水文地质条件

水文条件如道路沿线地表水的排泄情况,河流洪水位、常水位的高低,有无地表积水和积水期的长短,河岸的冲刷和淤积情况等;水文地质条件如地下水位、地下水的移动情况,有无泉水、层间水、裂隙水等,所有这些地表水与地下水都将影响路基、路面的稳定性,如处理不当,极易引起各种病害。

4. 土的类别和强度

土是修筑路基路面的基本材料,不同类别的土具有不同的工程性质,将直接影响路基、路面的强度和稳定性。不同类别的土含有不同的颗粒成分,含砂粒成分较多的土,由内摩擦力构成其主要强度,强度较高且不易受水的影响,但施工时压实困难;颗粒直径较细的砂,在渗流的情况下易流动而形成流砂;含黏粒成分较高的土,由黏聚力构成其主要强度,强度随密实度的不同有较大的变化,且随水分的增加而降低;粉类土毛细作用强烈,其强度和承载能力随毛细水上升高度增加、湿度加大而降低,在负温的情况下,水分通过毛细作用移动并积聚,发生冻胀,最后导致路基翻浆、路面结构层断裂等。

(二) 影响路基、路面稳定性的人为因素

(1) 荷载作用。包括静载、动载的大小及重复作用次数。

(2) 路基、路面结构。包括路基填土或填石的类别与性质、路基的断面形式、路面的等级与结构类型、排水构筑物的设置情况、路面表层是否渗水等。

(3) 施工方法与质量。包括不同类别的土是否分层填筑、路基压实方法及质量、面层的施工质量与水平等。

(4) 养护措施。包括一般措施及在设计、施工中未及时采用而在养护过程中加以补充的改善措施。

此外,还有沿线附近的人为设施(如水库、排灌渠道、水田)及人为的活动等。

六、本课程的性质、任务、学习方法

本课程是公路与桥梁专业、监理专业、道路检测专业的一门专业课,主要介绍一般路基设计、路基边坡稳定性设计、路基排水设计、路基防护与加固设计、挡土墙设计、路面基

垫层设计、沥青路面设计、水泥混凝土路面设计、路基路面施工方法及检测方法等。

本课程包括多方面的内容,涉及其他学科较多,因而要求有较广泛的先修课知识,如地质与土质、土力学与地基基础、道路材料、桥涵水力水文、公路勘测设计等,并应注意紧密联系工程实际。

在学习中,应抓住重点,掌握基本概念和基本原理,搞清方法步骤,其中路基边坡稳定性设计、挡土墙设计、沥青路面设计、水泥混凝土路面设计,应掌握其设计原理和具体计算方法。由于课程内容与工程实践联系密切,并有地区的差异,在学习时还应注意理论与实际的关系,认真做好课程设计,认真参加实验及实习,做到理论结合实践,提高运用基本理论解决实际问题的独立工作的能力,成为适应我国公路建设需要的既懂理论、会设计,又能组织公路工程施工和管理的复合型人才。

第一章 路基工程概论

本章学习重点

工作区的概念、路基干湿类型及其判定方法。

第一节 路基设计的基本内容

一、路基工程的特点

公路路基是路面的基础,它的作用是保证路面平整,并具有足够的强度与稳定性。因此,要求路基在行车荷载和自然因素的综合作用下,具有良好的使用品质。

从工程性质和结构特点来说,公路路基主要是用土壤或石块修筑而成的一种线形结构物,它的结构形式比较简单,但工程数量很大,而且往往比较集中。以山重区二级公路为例,每千米土石方数量可达7万~11万 m^3 ,四车道山重区高速公路每千米土石方数量可达25万~30万 m^3 。因此,工程量的大小是控制公路施工进度的关键。特别是由于路基长距离地修筑在地面上,同地面及大气的接触面积很大,它的稳定性受地形、地质、土壤、水文和气候的影响极大,如果设计和施工不当,容易产生经常性的各种病害,导致路基路面破坏,影响交通和行车安全,需耗费较大的投资进行修复。此外,由于公路路线较长,如果设置在平坦地带,往往会占用农田和影响原有的排灌设施,必须妥善处理同农业生产的关系。搞好路基工程,并非是轻而易举的事,对此,要有充分的认识。

搞好路基工程的关键在于加强调查研究,摸清沿线的自然条件,尤其是地质和水文状况,了解沿线地方城镇建设规划和农业发展规划,因地制宜,抓住重点,综合改造,确保设计与施工质量。

二、路基工程与其他有关工程项目的关系

(一)路基设计与路线设计的关系

路线设计中,线形的布置和设计标高的控制,必须考虑路基的稳定性、工程难易、土石方数量大小和占用农田多少及环境保护等因素。比如,在多雨的平原区,地面平坦,地下水源充沛,地下水位较高,河沟纵横交错,因此保证路基稳定性的最小填土高度是路线设计标高的主要控制因素之一;在山岭区,地形变化大,地面自然坡度大,路线设计标高主要由纵坡和坡长所控制,但也要从土石方挖填尽量平衡和路基附属工程合理等方面综合考虑。因此,路基设计与路线设计是相辅相成的。

(二)路基工程与路面工程的关系

在路面结构设计时,应把路基和路面各结构层看做是一个有机整体,因为路基是路面

的基础,路基的强度与稳定性,是保证路面强度与稳定性的基本条件,提高路基的强度与稳定性,可以适当减薄路面厚度、降低路面造价。因此,路基设计与路面设计应作综合考虑。

(三) 路基工程与桥涵工程的关系

桥头引道路基,与桥位选择和桥孔设计关系密切,其勘测与设计两者应相互配合,路基与涵洞等结构物,亦应配合恰当。故在路线纵断面设计中应考虑路基与桥涵在布置与标高方面的关系,处在河滩的桥头引道路基,还应进行稳定性设计与验算。

三、路基设计的基本内容

路基设计的任务是根据公路的性质、等级和技术标准,结合当地自然条件,综合考虑其与路线、路面和桥涵的关系后,拟定正确的路基设计方案,作为施工的依据。路基设计的内容一般包括以下几个主要方面。

(一) 路基主体工程

路基主体工程设计包括选择路基横断面形式,确定路基宽度、路基高度、路基边坡坡度等。

(二) 路基排水

根据沿线地表水及地下水埋藏情况,进行沿线排水系统的总体布置,以及地面排水设施和地下排水设施的设计。

(三) 路基防护与加固

路基防护与加固设计内容有坡面防护、冲刷防护及支挡结构物的布置、构造设计与计算等。

(四) 路基工程的附属设施

路基工程附属设施包括取土坑与弃土堆、护坡道与碎落台、堆料坪与错车道等的布置与计算。

第二节 路基的强度

一、路基受力与工作区

(一) 路基受力状况

路基在工作过程中,同时承受两种荷载,一种是路面和路基自重引起的静力荷载;另一种是车轮荷载引起的动力荷载。在两种荷载的共同作用下,路基土处于受力状态。理想的设计应使路基受力时只产生弹性变形,车轮驶过以后恢复原状,以确保路基的相对稳定,不引起路面破坏。

路基土在车轮荷载作用下所引起的垂直应力 σ_1 可以用近似公式计算,并假设车轮荷载为圆形均布垂直荷载,路基为一弹性均质半空间体,如图 1-1 所示。

$$\sigma_1 = \frac{P}{1 + 2.5 \left(\frac{Z}{D} \right)^2} \quad (1-1)$$

式中 p ——车轮的单位压力, kPa;
 D ——圆形均布荷载作用面积的直径, m;
 Z ——圆形均布荷载中心下应力作用点的深度, m。

自重引起土基中的压应力, 考虑到在一定深度以下, 同路基自重相比较, 路面重力的影响不大, 所以在研究荷载作用最大深度时, 为简化计算, 近似地将路面材料看做土基材料, 则路基土自重引起在路基内深度为 Z 处所引起的压应力可用下式计算:

$$\sigma_2 = \gamma \cdot Z \quad (1-2)$$

式中 γ ——土的容重, kN/m³;
 Z ——应力作用深度, m。

路基内任一点处的车轮荷载所产生的垂直应力 σ_1 , 土基自重引起的垂直应力 σ_2 及两者的应力曲线见图 1-1。

(二) 路基工作区

根据图 1-1 分析, 路基在某一深度 Z_a 处, 车轮荷载所产生的应力仅为自重应力的 $1/5 \sim 1/10$, 在此深度 Z_a 以下, 车轮荷载对土基的强度和稳定性影响甚小, 故而可略去不计。因此, 我们把车辆荷载在土基中产生应力作用较大的 Z_a 范围内的路基称为路基工作区, Z_a 称为路基工作深度。几种汽车车型的路基工作区深度的近似值见表 1-1。

表 1-1 几种汽车车型的路基工作区深度的近似值

汽车型号	每侧后轮重 P (kN)	工作区深度 Z_a (m)
解放 CA-10B 载重汽车	0.5×60.85	1.6
东风 EQ-140 载重汽车	0.5×69.20	1.7
黄河 JN-150 载重汽车	0.5×101.60	1.9
北京 BJ-130 倾卸汽车	0.5×27.18	1.2
黄河 QD-351 倾卸汽车	0.5×97.15	1.9
上海 SH-380 载重汽车	0.5×360.00	2.9
天津 TJ-644C 大客车	0.5×75.30	1.7
红旗 CA-773 小客车	0.5×15.75	1.0

注: 该表系以 $\sigma_1/\sigma_2 = 1/5$ 和 $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ 计算而得。

由表 1-1 可以看出, 轻、重型汽车车轮荷载的影响深度相差很大, 设计时应予注意。

路基工作区内, 土基的强度与稳定性, 对于保证路面的强度与稳定性, 满足行车要求极为重要。因此, 对应力作用区内的土质选择、路基的压实度应提出较高的要求。

当工作区深度大于路基填土高度时, 即 $Z_a > H$ 时, 车轮荷载不仅作用于路堤, 而且作用于天然地基的上部土层, 此时, 天然地基上部土层和路堤应同时满足路基工作区的设计要求。路基高度与工作区深度的关系如图 1-2 所示。

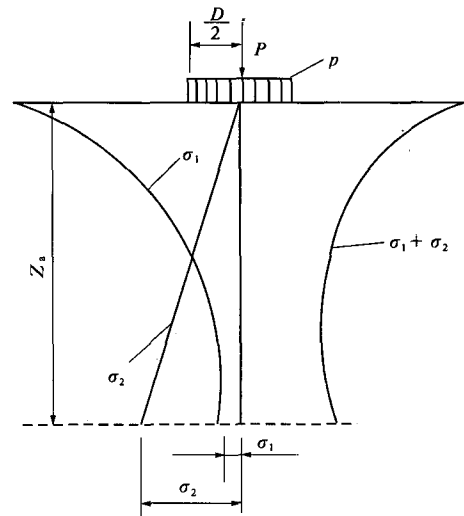
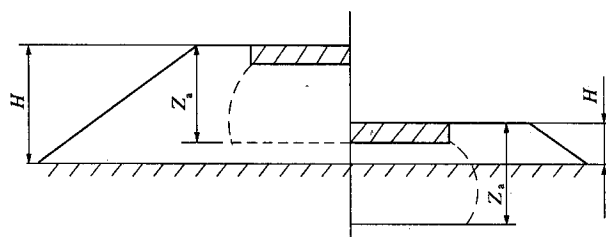


图 1-1 土基应力分布示意



(a) 路堤高度大于 Z_a (b) 路堤高度小于 Z_a

图 1-2 工作区深度

二、路基的强度

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,路基强度愈低;反之,则表明路基强度愈高。因此,路基作为路面结构的基础,它抵抗车轮荷载能力的大小,主要取决于路基顶面在一定应力作用下抵抗变形的能力。经分析研究,用于表征路基强度的参数指标主要有回弹模量和抗剪强度。

(一) 回弹模量

回弹模量是指路基、路面及筑路材料在荷载作用下产生的应力与其相应的回弹应变的比值。

通过路面传至土基的垂直压力,使土基产生一定程度的竖向位移变形,如图 1-3 所示,假定土基为均质的弹性体,在圆形垂直均布荷载作用下,在应力与应变成直线关系时,可用弹性理论来建立荷载与变形之间的关系式:

$$l_r = \frac{2p\delta(1-\mu_0^2)}{E_0} a \quad (1-3)$$

式中 l_r ——路表面距离荷载中心轴为 r 的某点处的垂直位移,亦称弯沉值,cm;

p ——圆形垂直均布荷载,MPa;

δ ——圆形均布荷载面积的半径,cm;

E_0 ——土基回弹模量,MPa;

μ_0 ——土的泊松比,一般取 0.35;

a ——竖向位移系数,是 r/δ 的函数, $r/\delta=0$ 时, $a=1$, $r/\delta=1.5$ 时, $a=0.356$ 。

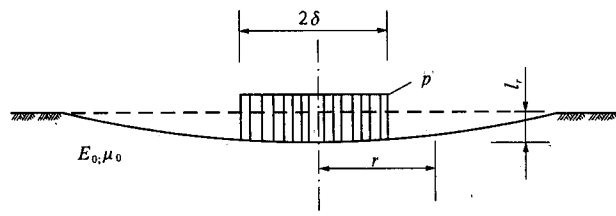


图 1-3 在圆形均布荷载作用下土基的变形

由式(1-3)可知,土基回弹模量表示土基在弹性变形阶段,在垂直荷载作用下,抵抗