

交通版

高等学校土木工程专业规划教材

ONGBAN GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



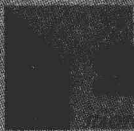
墩台与基础

王荣霞 彭大文 主 编
向中富 主 审



人民交通出版社

China Communications Press



高等学校土木工程专业教材

JIAOTONGBAN GAO DENG XUE XIAO TU MU GONG CHENG ZHUANYE GUI HUA JIAO CAI

墩台与基础

Duntai Yu Jichu

王荣霞	彭大文	主 编
	向中富	主 审



人民交通出版社

China Communications Press

交 通 版

高等学校土木工程专业规划教材

编 委 会

(第二版)

主任委员: 戎 贤

副主任委员: 张向东 李帼昌 张新天 黄 新
宗 兰 马芹永 党星海 段敬民
黄炳生

委 员: 彭大文 张俊平 刘春原 张世海
郭仁东 王 京 符 怡

秘 书 长: 张征宇

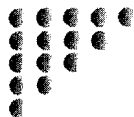
(第一版)

主任委员: 阎兴华

副主任委员: 张向东 李帼昌 魏连雨 赵 尘
宗 兰 马芹永 段敬民 黄炳生

委 员: 彭大文 林继德 张俊平 刘春原
党星海 刘正保 刘华新 丁海平

秘 书 长: 张征宇



随着科学技术的迅猛发展、全球经济一体化趋势的进一步加强以及国力竞争的日趋激烈,作为实施“科教兴国”战略重要战线的高等学校,面临着新的机遇与挑战。高等教育战线按照“巩固、深化、提高、发展”的方针,着力提高高等教育的水平 and 质量,取得了举世瞩目的成就,实现了改革和发展的历史性跨越。

在这个前所未有的发展时期,高等学校的土木类教材建设也取得了很大成绩,出版了许多优秀教材,但在满足不同层次的院校和不同层次的学生需求方面,还存在较大的差距,部分教材尚未能反映最新颁布的规范内容。为了配合高等学校的教学改革和教材建设,体现高等学校在教材建设上的特色和优势,满足高校及社会对土木类专业教材的多层次要求,适应我国国民经济建设的最新形势,人民交通出版社组织了全国二十余所高等学校编写“交通版高等学校土木工程专业规划教材”,并于2004年9月在重庆召开了第一次编写工作会议,确定了教材编写的总体思路。于2004年11月在北京召开了第二次编写工作会议,全面审定了各门教材的编写大纲。在编者和出版社的共同努力下,这套规划教材已陆续出版。

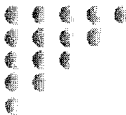
在教材的使用过程中,我们也发现有些教材存在诸如知识体系不够完善,适用性、准确性存在问题,相关教材在内容衔接上不够合理以及随着规范的修订及本学科领域技术的发展而出现的教材内容陈旧、亟待修订的问题。为此,新改组的编委会决定于2010年底启动了该套教材的修订工作。

这套教材包括“土木工程概论”、“建筑工程施工”等31门课程,涵盖了土木工程专业的基础课和专业课的主要系列课程。这套教材的编写原则是“厚基础、重能力、求创新,以培养应用型人才为主”,强调结合新规范、增大例题、图解等内容的比例并适当反映本学科领域的新发展,力求通俗易懂、图文并茂;其中对专业基础课要求理论体系完整、严密、适度,兼顾各专业方向,应达到教育部和专业教学指导委员会的规定要求;对专业课要体现出“重应用”及“加强创新能力和工程素质培养”的特色,保证知识体系的完整性、准确性、

正确性和适应性,专业课教材原则上按课群组划分不同专业方向分别考虑,不在一本教材中体现多专业内容。

反映土木工程领域的最新技术发展、符合我国国情、与现有教材相比具有明显特色是这套教材所力求达到的,在各相关院校及所有编审人员的共同努力下,交通版高等学校土木工程专业规划教材必将对我国高等学校土木工程专业建设起到重要的促进作用。

交通版高等学校土木工程专业规划教材编审委员会
人民交通出版社
2011年5月



本书根据全国高等院校桥梁工程专业教学大纲要求,详细介绍了桥梁工程下部结构设计理论与计算方法。按照新世纪本科生培养的总体目标,本教材的编写注重培养学生掌握基本理论和实际操作能力,书中对桥梁下部结构(包括桥墩、桥台、基础和地基)基本知识力求阐述清晰明确,通过大量的计算示例使学生掌握设计要领,并能自如地解决各种工程计算问题,反映了桥梁下部结构发展的新动态和新技术,可作为土木工程、桥梁工程、交通工程类本科生的专业课教材及从事桥梁设计和施工人员的参考用书。

本书主要依据的规范为:《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)、《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)以及《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61—2005)。

全书共3篇14章,第一篇介绍了桥梁下部结构的基本知识和发展动态;第二篇重点介绍桥梁墩台,包括其构造类型和计算理论及方法,并附有相应的算例;第三篇介绍桥梁地基和基础,主要包括刚性扩大基础、桩基础、沉井基础及其他大型桥梁深水基础的基本概念和设计理论、施工方法等,并附有相应的算例;其次介绍了特殊地区的基础工程及地基加固处理措施。

本书第一篇、第三篇第一章和第二章由河北工业大学王荣霞编写,第二篇由上海应用技术学院城建学院彭大文编写,第三篇第三章由河北工业大学寇福立编写,第三篇第四章、第五章由上海应用技术学院城建学院葛继平编写,第三篇第六章由河北工业大学刘熙媛编写。

由于作者水平有限,书中难免有错漏之处,请批评指正。

编者

2011年5月

目录 MULU

第一篇 总 论

第一章 桥梁下部结构的组成及作用	3
第二章 桥梁下部结构设计所需资料	5
第三章 墩、台及基础设计需要考虑的作用及作用效应组合	8
第四章 桥梁下部结构发展现状与趋势	15

第二篇 桥 梁 墩 台

第一章 墩台的设计和构造	19
第一节 概述	19
第二节 梁桥墩台	21
第三节 拱桥墩台	41
第二章 墩台的计算	46
第一节 桥墩作用效应组合	46
第二节 圉工墩台计算的一般规定	49
第三节 重力式桥墩计算	53
第四节 桩柱式桥墩计算	55
第五节 柔性排架墩计算	57
第六节 桥台计算	62

第三篇 桥梁地基与基础

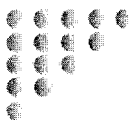
第一章 天然地基上的浅基础	71
第一节 概述	71
第二节 浅基础的类型及构造	71
第三节 刚性扩大基础的初步设计	74
第四节 地基基础的验算	78
第五节 刚性扩大基础的施工	90

第六节 埋置式桥台刚性扩大基础设计计算示例	96
思考与练习	106
第二章 桩基础	107
第一节 概述	107
第二节 桩与桩基础的类型及构造	108
第三节 桩基础的施工	116
第四节 单桩容许承载力的确定	130
第五节 弹性单桩、单排桩的内力与位移计算	145
第六节 弹性多排桩基桩内力与位移计算	167
第七节 群桩基础在竖向荷载下的分析及其验算	176
第八节 承台的设计和计算	180
第九节 桩基础设计的总体考虑	181
思考与练习	187
第三章 沉井基础	188
第一节 概述	188
第二节 沉井的类型和构造	189
第三节 沉井的施工	193
第四节 沉井的设计与计算	199
第五节 圆端形沉井计算示例	215
思考与练习	227
第四章 几种桥梁大型深水基础	228
第一节 概述	228
第二节 大直径桩基础	230
第三节 管柱基础	234
第四节 地下连续墙基础	238
第五节 其他特殊深水基础	245
第六节 桥梁深水基础的展望	250
思考与练习	251
第五章 特殊地区的基础工程	252
第一节 软土地基中的基础工程	252
第二节 湿陷性黄土地基中的基础工程	254
第三节 多年冻土地地区的基础工程	257
第四节 地震区的墩台与基础工程	262
思考与练习	276
第六章 地基处理	277
第一节 概述	277

第二节	换填法	279
第三节	强夯法	282
第四节	排水固结法	285
第五节	复合地基	291
第六节	振冲法	295
第七节	砂石桩法	298
第八节	水泥土搅拌法	301
第九节	高压喷射注浆法	305
	思考与练习	308
附录 I	圬工材料设计指标	309
附录 II	弹性桩计算用表	313
参考文献		331

第一篇

总 论



知识点:桥梁各部位的组成名称及作用;上部结构和下部结构的划分原则。

桥梁是线路跨越障碍物的功能性结构物。通常,桥梁结构被划分为两大部分,即上部结构和下部结构。图 1-1-1 所示为一座公路桥梁的组成示意图。

上部结构又称桥跨结构,是在线路中断时跨越障碍的主要结构。通常对设有支座的桥梁,是指支座以上的部分(包括支座在内);对不设支座的桥梁,如拱桥、刚架桥等,为起拱线或主梁以上的部分。

下部结构主要包括桥墩、桥台、基础和地基。

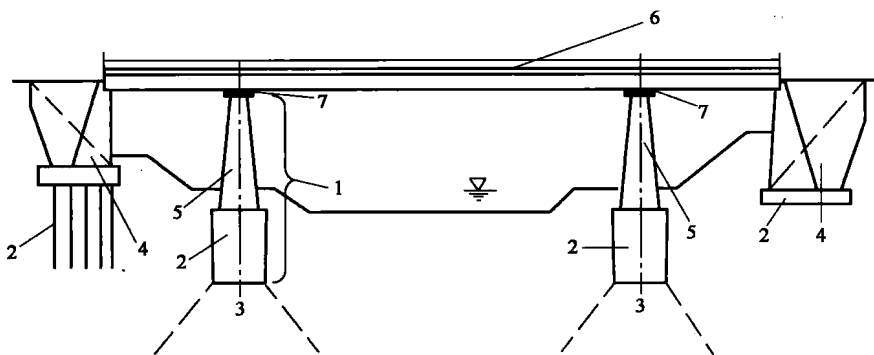


图 1-1-1 桥梁结构各部分组成示意图

1-下部结构;2-基础;3-地基;4-桥台;5-桥墩;6-桥跨结构;7-支座

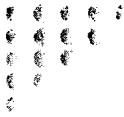
桥墩是多跨桥梁的中间支承结构物,其主要作用是承受上部结构恒载及活载传来的竖向力和水平力,并将其传递到基础和地基;同时还要承受流水压力、流冰压力、风力、船只或漂浮物的撞击力等。

桥台是衔接路堤和桥跨结构的构造物,通常设置在桥的两端。其主要作用除了承受并传递上部结构传来的垂直力和水平力之外,还要平衡水平力,包括制动力、摩阻力和台后较大的水平土压力。

基础是将上部结构承受的各种荷载传递到地基上的实体结构,是墩台与地基接触的部分。基础根据埋置深度的不同可分为浅基础和深基础。埋置深度通常是指地面或一般冲刷线至基

基础底面的距离。浅基础一般埋置深度很浅(一般在数米以内),施工简单,可采用明挖的方式,且设计计算时不考虑周围土体的影响。目前,公路桥梁经常采用的浅基础称为刚性扩大基础。而深基础埋置深度很深(有时达到百米),施工较为复杂,它一般是在浅层土质不良、需要将基础埋置在较深的良好土层上,或者当外部荷载较大,对基础应力要求较高时,浅基础已经不能满足要求时采用。深基础在设计时需考虑周围土抗力的影响。深基础形式常常选用桩基础或沉井基础。有一种基础虽然埋置在土层中的深度较浅,但在水下部分较深,我们常称之为深水基础,像深水中的桥墩基础,因为它的受力较为复杂,也常常把它作为深基础来考虑。

地基是指承受结构压力的土体。地基一般可分为天然地基和人工地基。所谓天然地基是指直接放置基础的天然土层,由于这样的土层有良好的承载力,因此它不需要经过任何人工处理,就可以直接作为地基,像我们常见到的岩石、碎石以及密实性较好的黏性土等。但在实际工程建设中,不可避免地会遇到地质条件不好或软弱的地基,这样的地基往往不能满足结构物的要求,所以在建造结构物基础前需要对这样的地基进行必要的人工处理和加固(例如采用换土垫层、深层密实、排水固结、化学加固、加筋土技术等方法进行处理)。这种处理后的地基,我们称之为人工地基,如常见的软土、冲填土、杂填土、松散砂土以及其他高压缩性土层构成的地基。关于软弱地基处理的方法及原理,将在本书后面章节中详细论述。



桥梁下部结构的设计方案以及计算中有关参数的选用,都要根据当地的地质条件、水文条件、上部结构形式、荷载特性、材料情况及施工要求等因素全面考虑。施工方案和方法也应结合设计要求、现场地形、地质条件、施工技术设备、施工季节、气候和水文等情况来研究确定。因此,事前应进行详细的调查研究,充分掌握必要的、符合实际情况的资料。

(一) 桥位平面图(或桥址地形图)及上部结构设计有关资料

桥梁结构在进行初步设计时,应该了解掌握当地的桥位地形地物资料、河床断面资料 and 地形图等。若桥址处有不良地质地段,如滑坡、崩塌、泥石流、河道弯曲等情况,均应重视,合理拟定桥梁下部结构的总体设计方案及布置。

桥梁上部结构的形式对下部结构的设计计算有着很大的制约作用,如桥梁上部结构为超静定结构,则对地基和基础的沉降有更严格的要求。因此应该对上部结构的总体资料、数据、设计安全等级、技术标准等有全面的了解和掌握,使下部结构设计更为合理、安全、可靠。

(二) 桥位工程地质勘测报告及桥位地质纵剖面图

桥位工程地质勘测报告及桥位地质纵剖面图中,主要反映桥位处的地质状况,包括河谷的地质构造,桥位及附近地层的岩性,如地质年代、成因、层序、分布规律、岩层的完整及破碎程度、风化程度等,以及覆盖层厚度和土层变化关系等资料,这对工程设计和工程评价是不可缺少的。此外,在地质勘测报告中还会说明建桥地点一定范围内各种不良地质现象或特殊地貌如溶洞、冲沟、陡崖等的成因、分布范围、发展规律及对工程的影响特点。以上这些资料有助于合理确定桥位和下部结构位置的高程以及墩台高度、结构形式等,对于桥梁下部结构的设计必不可少。

(三) 地基土质调查试验报告

地基土质调查试验报告中的内容主要是工程地质勘测时通过调查、钻(挖)取各层地基土足够数量的原状土(岩)样,用室内或原位试验方法得到各层土的物理力学指标,如粒径级配、塑性指数、天然含水率、重度、孔隙比、抗剪强度指标、压缩特性、渗透性指标以及必要时的荷载

试验、岩石抗压强度试验等的结果。这些数据可以帮助我们在对基础设计时进行埋置深度的研究、地基强度的计算、沉降量的计算、基础类型的确定等。

(四) 河流调查资料

设计桥梁墩台基础,必须有比较可靠的水文调查资料,主要包括设计冲刷深度、设计洪水频率、最高洪水位、低水位和常年水位及流量、流速、流向变化情况,其次还包括河流的下蚀、侧蚀和河床的稳定性、河流变迁、潮汐等资料。这些数据将影响下部结构基础的埋置深度、墩身的水平力计算、施工方法的确定等。

(五) 其他参考资料

地震、建筑材料、施工条件、气象等资料有时在下部结构设计中会产生一定的影响。尤其是地震资料对于处在地震区的桥梁设计更为重要。随着我国经济实力的不断增强,对桥梁结构的抗震也提出越来越高的要求,而桥梁下部结构恰恰是抗震设计和设防的重要部位。大量桥梁震害表明,地震桥梁时的破坏常常是由于墩台基础和地基在地震中的毁坏所导致。因此要重视下部结构的抗震设计,并采取有效的抗震措施,减轻或避免地震损失。

表 1-2-1 所列为桥梁下部结构设计和施工所需的地质、水文、地形及现场调查资料。

基础工程设计和施工所需的各种调查资料		
表 1-2-1		
资 料 种 类	资料主要内容	资 料 用 途
1. 桥位平面图 (或桥址地形图)	(1) 桥位地形; (2) 桥位附近的地貌、地物; (3) 不良工程地质状况及分布; (4) 桥位与两端路线平面关系; (5) 桥位与河道平面关系	(1) 选择桥位及下部结构位置时研究; (2) 有助于布置施工现场; (3) 辅助了解地质概况; (4) 估计河岸冲刷及水流方向的变化情况; (5) 确定布置墩台、基础防护构造物
2. 桥位工程地质勘测报告及工程地质纵剖面图	(1) 河床地质分层土 (岩) 类, 层面高程, 钻孔位置及钻孔柱状图; (2) 地质、地史资料说明; (3) 不良工程地质现象及特殊地貌的调查勘测资料	(1) 选择桥位及下部结构位置时研究; (2) 选定地基持力层; (3) 选定墩台高度和结构形式; (4) 有助于布置墩台和基础防护构造物
3. 地基土质调查试验报告	(1) 钻孔资料; (2) 覆盖层及地基土 (岩) 层状生成分布情况; (3) 分层土 (岩) 层状生成分布情况; (4) 荷载试验报告; (5) 地下水位调查情况	(1) 帮助分析和掌握地基的层状特性; (2) 确定地基持力层及基础的埋置深度; (3) 选定地基各土层强度和有关计算参数; (4) 确定基础的类型和构造; (5) 为基础沉降计算提供所需的数据
4. 河流水文调查报告	(1) 桥位附近河道纵横断面图; (2) 提供有关水位、流速和流量的调查资料; (3) 确定各种冲刷深度的计算资料; (4) 有关通航等级、漂流物、流冰调查资料	(1) 根据冲刷深度的要求, 可确定基础的埋置深度; (2) 桥墩水平作用力的计算确定; (3) 研究在各种施工季节的施工方法

续上表

资 料 种 类		资 料 主 要 内 容	资 料 用 途
5. 其 他 调 查 资 料	(1) 地震	(1) 历次地震记录; (2) 震害调查情况	(1) 抗震设计方法和抗震措施的选择; (2) 结构抗震设计的强度计算; (3) 对地基土液化及岸坡滑移的分析研究
	(2) 建筑材料	(1) 就地取材的数量、种类、距离等; (2) 材料的加工能力、运输能力等; (3) 工程用水的调查情况	(1) 确定下部结构所用的材料; (2) 就地取材的计划安排
	(3) 气象	(1) 当地气象台有关气温变化、降水量、风向风力等记录资料; (2) 实地调查采访资料	(1) 确定气温变化特点; (2) 确定基础的埋置深度; (3) 确定风速、风压等; (4) 确定在各种施工季节的施工方法
	(4) 附近桥梁调查	(1) 附近桥梁结构的形式、设计计算书、施工图纸; (2) 附近桥梁的地质地层性质情况; (3) 附近桥梁的冲刷和河道变迁; (4) 现状及运营情况、墩台结构变形	(1) 掌握附近桥梁的地基地质情况; (2) 为新建桥梁提供参考以确定基础的埋置深度; (3) 为河流的冲刷、改道情况提供参考
	(5) 施工调查资料		(1) 施工季节和施工方法的确定; (2) 拟定工程材料、运输、设备供应方案; (3) 施工中动力及临时设备、临时结构的规划设计

墩、台及基础设计需要考虑的作用及作用效应组合



一、桥涵作用的分类

《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)(以下简称《通用规范》)把公路桥涵设计采用的作用按时间的变异分为永久作用、可变作用和偶然作用三类,这种分类是桥梁结构上作用的基本分类。

永久作用是在结构使用期间,其量值不随时间而变化,或其变化值与平均值比较可忽略不计的作用;可变作用是在结构使用期间,其量值随时间变化,且其变化值与平均值比较不可忽略的作用;偶然作用是指在结构使用期间出现的概率很小,一旦出现,其值很大且持续时间很短的作用。各类作用的分类列于表 1-3-1。

作用分类表

表 1-3-1

序号	作用分类	作用名称
1	永久作用	结构重力(包括结构附加重力)
2		预加力
3		土的重力
4		土侧压力
5		混凝土收缩及徐变作用
6		水的浮力
7		基础变位作用
8	可变作用	汽车荷载
9		汽车冲击力
10		汽车离心力
11		汽车引起的土侧压力
12		人群荷载
13		汽车制动力
14		风荷载
15		流水压力
16		冰压力
17		温度(均匀温度和梯度温度)作用
18		支座摩阻力
19	偶然作用	地震作用
20		船舶或漂流物的撞击作用
21		汽车撞击作用