



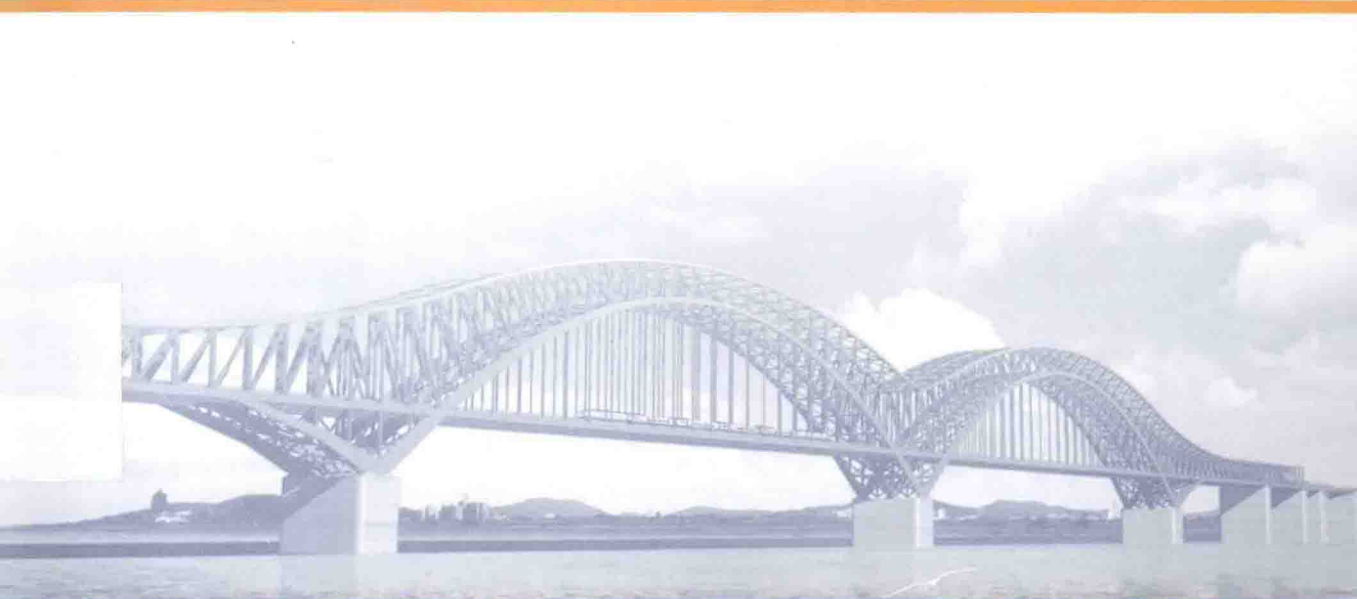
21世纪交通版高等学校教材

桥梁墩台与基础工程

Bridge Pier and Foundation Engineering

(第二版)

盛洪飞 主 编
马 俊 孙 航 李 岩 副主编



人民交通出版社
China Communications Press

21 世纪交通版高等学校教材

Bridge Pier and Foundation Engineering

桥梁墩台与基础工程

(第二版)

盛洪飞 主 编

马 俊 孙 航 李 岩 副主编



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书为 21 世纪交通版高等学校教材。本书根据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。全书共 11 章,主要包括:概论、桥梁墩台、天然地基浅基础、桩和桩基础的构造与施工、桩基础的设计与计算、沉井基础、地下连续墙基础、桥梁大型深水特殊基础、几种特殊地区土地基基础、地基处理、冻土地区地基与基础。每章都附有思考题,其中荷载及结构设计计算结合新颁布的《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)加以介绍并给出了相应算例。

本书可作为普通高等院校桥梁、道路、交通等相关专业本科生用教材,也可作为上述专业工程技术人员的工作参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

桥梁墩台与基础工程 / 盛洪飞主编. —2 版. —北京:人民交通出版社,2014.4
ISBN 978-7-114-10950-8

I. ①桥… II. ①盛… III. ①桥梁结构—墩台②桥梁施工—桥梁基础 IV. ①U443.2②U445.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 247331 号

21 世纪交通版高等学校教材

书 名:桥梁墩台与基础工程(第二版)

著 作 者:盛洪飞

责任编辑:黎小东 岑 瑜

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)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:26.5

字 数:680 千

版 次:2014 年 4 月 第 2 版

印 次:2014 年 4 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10950-8

定 价:49.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

21 世纪交通版
高等学校教材(公路与交通工程)编审委员会

顾问:王秉纲 (长安大学)

主任委员:沙爱民 (长安大学)

副主任委员:(按姓氏笔画排序)

王 炜 (东南大学)

陈艾荣 (同济大学)

徐 岳 (长安大学)

梁乃兴 (重庆交通大学)

韩 敏 (人民交通出版社)

委员:(按姓氏笔画排序)

马松林 (哈尔滨工业大学)

王殿海 (吉林大学)

叶见曙 (东南大学)

石 京 (清华大学)

向中富 (重庆交通大学)

关宏志 (北京工业大学)

何东坡 (东北林业大学)

陈 红 (长安大学)

邵旭东 (湖南大学)

陈宝春 (福州大学)

杨晓光 (同济大学)

吴瑞麟 (华中科技大学)

陈静云 (大连理工大学)

赵明华 (湖南大学)

项贻强 (浙江大学)

郭忠印 (同济大学)

袁剑波 (长沙理工大学)

黄晓明 (东南大学)

符铎砂 (华南理工大学)

裴玉龙 (哈尔滨工业大学)

颜东煌 (长沙理工大学)

秘书长:曲 乐 (人民交通出版社)

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,全球经济一体化趋势进一步加强,科技对于经济增长的作用日益显著,教育在国家经济与社会发展中所处的地位日益重要。进入新世纪,面对国际国内经济与社会发展所出现的新特点,我国的高等教育迎来了良好的发展机遇,同时也面临着巨大的挑战,高等教育的发展处在一个前所未有的重要时期。其一,加入WTO,中国经济已融入到世界经济发展的进程之中,国家间的竞争更趋激烈,竞争的焦点已更多地体现在高素质人才的竞争上,因此,高等教育所面临的是全球化条件下的综合竞争。其二,我国正处在由计划经济向社会主义市场经济过渡的重要历史时期,这一时期,我国经济结构调整将进一步深化,对外开放将进一步扩大,改革与实践必将提出许多过去不曾遇到的新问题,高等教育面临加速改革以适应国民经济进一步发展的需要。面对这样的形势与要求,党中央国务院提出扩大高等教育规模,着力提高高等教育的水平与质量。这是为中华民族自立于世界民族之林而采取的极其重大的战略步骤,同时,也是为国家未来的发展提供基础性的保证。

为适应高等教育改革与发展的需要,早在1998年7月,教育部就对高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订。在新的专业目录中,土木工程专业扩大了涵盖面,原先的公路与城市道路工程,桥梁工程,隧道与地下工程等专业均纳入土木工程专业。本科专业目录的调整是为满足培养“宽口径”复合型人才的要求,对原有相关专业本科教学产生了积极的影响。这一调整是着眼于培养21世纪社会主义现代化建设人才的需要而进行的,面对新的变化,要求我们对人才的培养规格、培养模式、课程体系和内容都应作出适时调整,以适应要求。

根据形势的变化与高等教育所提出的新的要求,同时,也考虑到近些年来公路交通大发展所引发的需求,人民交通出版社通过对“八五”、“九五”期间的路桥及交通工程专业高校教材体系的分析,提出了组织编写一套21世纪的具有鲜明交通特色的高等学校教材的设想。这一设想,得到了原路桥教学指导委员会几乎所有成员学校的广泛响应与支持。2000年6月,由人民交通出版社发起组织全国面向交通办学的12所高校的专家学者组成21世纪交通版高等学校教材(公路类)编审委员会,并召开第一次会议,会议决定着手组织编写土木工程专业具有交通特色的道路专业方向、桥梁专业方向以及交通工程专业教材。会议经过充分研讨,确定了包括基本知识技能培养层次、知识技能拓宽与提高层次以及教学辅助层次在内的约130种教材,范围涵盖本科与研究生用教材。会后,人民交通出版社开始了细致的教材编写组织工作,经过自由申报及专家推荐的方式,近20所高校的百余名教授承担约130种教材的主编工作。2001年6月,教材编委会召开第二次会议,全面审定了各门教材主编院校提交的教学大纲,之后,编写工作全面展开。

21世纪交通版高等学校教材编写工作是在本科专业目录调整及交通大发展的背景下展开的。教材编写的基本思路是:(1)顺应高等教育改革的形势,专业基础课教学内容实现与土木工程专业打通,同时保留原专业的主干课程,既顺应向土木工程专业过渡的需要,又保持服务公路交通的特色,适应宽口径复合型人才培养的需要。(2)注重学生基本素质、基本能力的

培养,为学生知识、能力、素质的综合协调发展创造条件。基于这样的考虑,将教材区分为二个主层次与一个辅助层次,即基本知识技能培养层次与知识技能拓宽与提高层次,辅助层次为教学参考用书。工作的着力点放在基本知识技能培养层次教材的编写上。(3)目前,中国的经济发展存在地区间的不平衡,各高校之间的发展也不平衡,因此,教材的编写要充分考虑各校人才培养规格及教学需求多样性的要求,尽可能为各校教学的开展提供一个多层次、系统而全面的教材供给平台。(4)教材的编写在总结“八五”、“九五”工作经验的基础上,注意体现原创性内容,把握好技术发展与教学需要的关系,努力体现教育面向现代化、面向世界、面向未来的要求,着力提高学生的创新思维能力,使所编教材达到先进性与实用性兼备。(5)配合现代化教学手段的发展,积极配套相应的教学辅件,便利教学。

教材建设是教学改革的重要环节之一,全面做好教材建设工作,是提高教学质量的重要保证。本套教材是由人民交通出版社组织,由原全国高等学校路桥与交通工程教学指导委员会成员学校相互协作编写的一套具有交通出版社品牌的教材,教材力求反映交通科技发展的先进水平,力求符合高等教育的基本规律。各门教材的主编均通过自由申报与专家推荐相结合的方式确定,他们都是各校相关学科的骨干,在长期的教学与科研实践中积累了丰富的经验。由他们担纲主编,能够充分体现教材的先进性与实用性。本套教材预计在二年内完全出齐,随后,将根据情况的变化而适时更新。相信这批教材的出版,对于土木工程框架下道路工程、桥梁工程专业方向与交通工程专业教材的建设将起到有力的促进作用,同时,也使各校在教材选用方面具有更大的空间。需要指出的是,该批教材中研究生教材占有较大比例,研究生教材多具有较高的理论水平,因此,该套教材不仅对在校学生,同时对于在职学习人员及工程技术人员也具有很好的参考价值。

21 世纪初叶,是我国社会经济发展的重要时期,同时也是我国公路交通从紧张和制约状况实现全面改善的关键时期,公路基础设施的建设仍是今后一项重要而艰巨的任务,希望通过各相关院校及所有参编人员的共同努力,尽快使全套 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)尽早面世,为我国交通事业的发展做出贡献。

21 世纪交通版
高等学校教材(公路类)编审委员会
人民交通出版社
2001 年 12 月

第二版前言

墩台与基础是桥梁工程的重要组成部分,是体系同规、受力同一、相互影响的结构体系,习惯称为“桥梁下部结构”。所以,从教学体系上考虑,将墩台与基础作为一门专业课讲授,更便于学生体会其间的系统性,掌握其继承的特点,有利于学习、理解和应用。

20 世纪 70 年代初期国家恢复高校教学后,根据我校专业特点,将《基础工程》课程归入当时的桥梁教学组(后为桥梁教研室,现为桥梁工程系),将墩台部分纳入该课程中,形成以桥梁下部结构为一体的课程,一直延续至今。现从教学改革的角度审视这近 40 年的教学实践,其明晰了桥梁下部结构的设计计算系统,增强了学生解决实际工程问题的能力,符合教学改革中培养学生综合素质的要求,这是应当肯定的。

本教材于 2005 年由哈尔滨工业大学出版社出版,当时共为九章。近年来,一系列桥梁规范(细则)陆续进行了修订再版。这是由于在近 30 年的时间里,随着我国经济的快速发展,推动了桥梁建设的长足进步,有多种桥型已跻身世界领先行列,令人鼓舞。其中《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)在修订期间通过总结设计和实践经验,吸取国内外的研究成果,对原规范作出了多项修改和补充,在主要内容上作了一些必要的改进。《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)、《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61—2005)中关于梁、板、拱桥墩台、盖梁与桩基承台等内容也作了较全面的修改和充实,有的参数作了调整。为此,作者对本教材大部分内容作了修改,其中部分内容为新编。

教材建设是教学改革的主要环节之一。《桥梁墩台与基础工程》涉及很多相关学科的内容和方法。所以,教材的编写应注重:科学性与原创相结合,理论性与实用性兼备,提高教学质量,培养学生创新意识和能力。修订后的本教材共十一章,包括:概论、桥梁墩台、天然地基浅基础、桩和桩基础的构造与施工、桩基础的设计与计算、沉井基础、地下连续墙基础、桥梁大型深水特殊基础、几种特殊地区土的地基基础、地基处理、冻土地区地基与基础。

对墩台与基础方面的一些新结构形式和计算要求,经选取充实到教材中。其主要增补内容:第五章第一节最后介绍的桩承载力自平衡法,国外称 Q-cell 法,于 1996 年开始在国内应用,目前已纳入我国的一些规程中,学术界有分歧意见,该内容不做课程讲解,可按专题介绍分析讨论;将地下连续墙独立为第七章,我国从 20 世纪 90 年代开始已有几座特大桥先利用连续墙围护支挡,最后建成地下连续墙锚碇基础,国外应用较广泛;第八章桥梁大型深水特殊基础,首先重点介绍多个国家采用自动化遥控无人大深度沉箱法进行的施工实例,还有跨越海峡深水的设置基础,以及我国锁口钢管桩基础、双承台管桩(柱)基础。

本书第一章、第九章由哈尔滨工业大学盛洪飞编写;第二章、第四章、第五章由哈尔滨工业大学孙航编写;第六章、第七章、第十章及附录由哈尔滨工业大学李岩编写;第三章、第八章、第十一章由哈尔滨工业大学马俊编写。全书由盛洪飞统编。

由于作者水平所限,书中疏漏和不妥之处在所难免,恳请读者指正。

盛洪飞

2013 年 11 月于哈尔滨工业大学

第一版前言

墩台与基础是桥梁工程的重要组成部分,是联结紧密、受力相近、相互影响的两部分结构,习惯称为“桥梁下部结构”。所以,从教学体系上考虑,将墩台与基础作为一门课讲授,更便于体会其间的系统性,掌握其承继的特点,有利于工程实际的应用。

20 世纪 70 年代初期我国恢复高校招生后,根据我校专业特点,将《基础工程》课程归入到当时的桥梁工程教学组(后发展为桥梁工程教研室),由其承担该门课程的授课任务,同时又将墩台部分纳入课程中,形成以桥梁下部结构为内容的课程体系,一直延续至今。现从教学改革的角度审视这 30 多年教学实践,通过课堂授课、生产实习和课程设计各环节的反馈效果来看,无论是对强化桥梁下部结构的计算理论,还是对上下部桥梁结构结合的实际应用性,及增强学生解决实际工程的能力方面,都符合教改中学生综合素质培养的要求,这种做法还是应当肯定的。而本书的编写正是对 30 多年教学工作的总结。

本教材共分九章,包括概论、桥梁墩台、天然地基浅基础、桩和桩基础的构造与施工、桩基础的设计与计算、沉井基础、桥梁大型深水特殊基础、人工地基、冻土地区地基和基础。

在各章的内容选取上,尽可能地将近年来由于高等级公路建设需要及大跨度桥梁建筑的发展,在墩台与基础方面出现的一些新结构形式和计算要求补充到教材中。如预制墩基础、空心高墩及大直径空心桩等。为便于使用规范,理解原理,桩基础设计计算以规范中的“ m ”法计算方法为主。由于作者长期在北方寒冷地区工作,对冻土地区桥涵基础设计有一些体会,所以单成一章作了较详细的介绍。书中荷载作用组合及相关的结构设计计算内容,结合新颁桥梁规范加以介绍,其中包含自己学习新规范的一点粗浅心得体会。

桥梁墩台与基础工程是一门理论与实践相结合的专业课,其特点是综合性强、涉及面广,所有对桥梁结构设计计算有关的课程内容,在该课程中都会有所体现和应用。学习中要注重理论、掌握方法、联系实际、突出重点,并多补充实例资料,以加深对课程内容的理解。

本书第二章第五节、第七章由哈尔滨工业大学王彦宇编写,第三、八章由黑龙江工程学院丁剑婷编写,第四章由哈尔滨工业大学温贵林编写,其余由盛洪飞编写并统稿。博士研究生马骏、李岩、黄新艺、孙航及硕士研究生吕丹、郭冬梅、孙飞、王培金等,协助查阅资料、编写和审核算例、编制图表等工作。本书既可作为桥梁、道路、交通等专业的本科生教材,也可供上述专业工程技术人员参考。由于作者水平所限,书中疏漏和不妥之处在所难免,恳请读者指正赐教。

盛洪飞

2005 年 6 月于哈尔滨工业大学

目 录

第一章 概论	1
第一节 墩台基础的作用与构成	1
第二节 桥渡设计中有关确定墩台基础位置的要求	2
第三节 墩台基础设计原则和影响因素	4
第四节 墩台基础设计施工所需资料	5
第五节 墩台基础所受作用及作用效应组合	6
第六节 桥梁下部结构发展概况及展望	23
第七节 关于桥涵地基基础规范引入极限状态设计原理的协调应用	27
思考题	30
第二章 桥梁墩台	31
第一节 墩台类型简介	31
第二节 墩台的构造要求和尺寸拟定	51
第三节 墩台验算	57
第四节 几种桥梁墩台计算要点简介	67
第五节 墩台的抗震计算	79
第六节 墩台的维修加固和改造	89
思考题	94
作业题	95
第三章 天然地基浅基础	98
第一节 概述	98
第二节 浅基础的分类及构造要求	99
第三节 基础埋置深度的确定与尺寸拟定	101
第四节 刚性扩大基础验算	104
第五节 浅基础施工	116
第六节 基坑板桩墙支护验算	124
第七节 刚性扩大基础 U 形桥台算例	128
思考题	143
作业题	143
第四章 桩和桩基础的构造与施工	145
第一节 概述	145
第二节 桩与桩基础的类型	146
第三节 桩与桩基础的构造	153
第四节 桩基础施工	158

思考题·····	182
第五章 桩基础的设计与计算 ·····	183
第一节 单桩轴向容许承载力确定·····	183
第二节 单桩横轴向容许承载力确定简介·····	206
第三节 弹性单桩、单排桩的内力与变位计算·····	215
第四节 弹性多排桩的内力与变位计算·····	226
第五节 承台座板计算·····	243
思考题·····	249
作业题·····	249
第六章 沉井基础 ·····	252
第一节 概述·····	252
第二节 沉井基础的类型和构造要求·····	253
第三节 沉井基础施工·····	256
第四节 沉井基础的设计与计算·····	265
第五节 沉井基础算例·····	285
思考题·····	294
作业题·····	295
第七章 地下连续墙基础 ·····	296
第一节 概述·····	296
第二节 地下连续墙施工要点简介·····	298
第三节 地下连续墙支护结构设计·····	303
第四节 地下连续墙基础设计·····	309
思考题·····	313
第八章 桥梁大型深水特殊基础 ·····	314
第一节 概述·····	314
第二节 气压沉箱基础·····	316
第三节 沉井管柱组合基础·····	322
第四节 锁口钢管桩与双承台管桩基础·····	325
第五节 设置基础·····	330
思考题·····	333
第九章 几种特殊地区土的地基基础 ·····	334
第一节 软土地区基础·····	334
第二节 湿陷性黄土地基·····	345
第三节 膨胀土地基·····	353
思考题·····	360
第十章 地基处理 ·····	361
第一节 概述·····	361
第二节 置换垫层法·····	364
第三节 排水固结法·····	366
第四节 振密、挤密法·····	373

第五节 化学加固法..... 376

思考题..... 380

第十一章 冻土地区地基与基础..... 381

第一节 冻土的基本概念..... 381

第二节 冻土的工程分类..... 382

第三节 土的冻胀力..... 386

第四节 考虑地基土冻胀作用桥涵基础埋置深度确定..... 388

第五节 多年冻土地区地基与基础..... 390

第六节 基础防冻害措施..... 395

第七节 冻土地区桥台填土水平冻胀力验算..... 396

思考题..... 397

附录 I 地基承载力基本容许值..... 398

附录 II 弹性桩计算用表..... 401

附录 III 中国季节性冻土标准冻深线图..... 405

参考文献..... 406

第一章 概 论

第一节 墩台基础的作用与构成

桥梁建筑是一种为人类的生产和生活提供基础服务的结构设施。其承载和跨越的功能,决定了它必须具有一定的结构形式。工程上一般习惯将桥梁结构划分为上部结构和下部结构两大部分,上部结构主要是指桥跨结构,下部结构则是指墩台与基础工程。

一、墩台基础的一般概念

当道路、铁路、渠道、管线等遇到障碍(如山谷、河流以及其他路线等)而中断时,所修建的用以跨越障碍和直接承受荷载(汽车、火车、人群和其他输送物等)的建筑物称为桥梁结构。由于桥梁的上部结构是跨越结构,其总的受力体系一般为水平结构体系。

墩台支承桥梁上部结构并形成跨越空间,其中,桥台是指桥梁的两端支承结构,桥墩是指除桥台外的中间支承结构。基础是桥梁土中隐蔽结构,是与地基(承受人工结构物荷载的地壳表层岩土)直接接触,并把所受之荷载全部传给地基的结构部分。常用的基础类型主要依其埋置深度划分为浅基础和深基础,深基础多以桩与沉井基础为主。墩台与基础工程统称为桥梁下部结构。桥台除与桥墩一样支撑上部结构传递荷载外,还是桥梁与道路衔接过渡的结构物,所以它除外形复杂外,还受到路堤填土的各种土压力作用(图 1-1)。

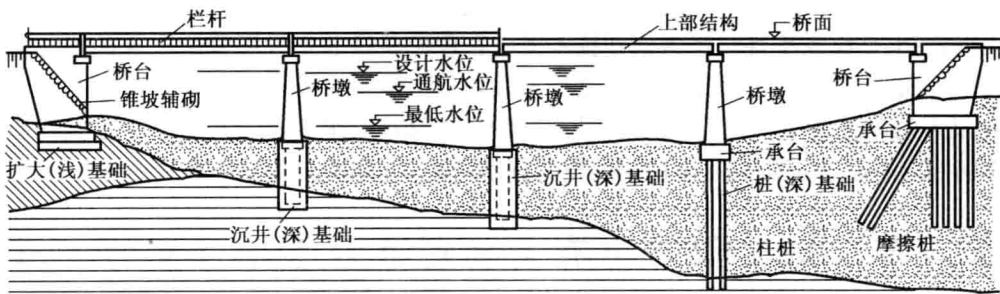


图 1-1 桥台、桥墩、基础示意图

桥梁上下部结构划分:梁式桥以支座划分,支座以上(含支座)为上部结构,支座以下为下部结构;拱桥是以拱脚划分;对其他结构桥梁,则是将桥面以下的竖向结构划为桥梁的下部结构(如连续刚构桥),斜拉桥和悬索桥加劲梁下支承索塔部分称为塔墩,其基础称为塔墩基础。

二、墩台基础受力特点

桥梁墩台与基础是一个连续一体的受力体系,上部结构下传的力和下部结构自身受到的力,由墩台顶帽至基础底面,层层平衡和传递,所以从总体概略来讲,下部结构是一个压弯体系。早期的设计多以重力式实体圬工结构为主,现今随着大跨、高桥,尤其是城市宽桥的建设,墩台设计

趋向纤细、美观、空透方向发展,增加了艺术处理的构思,采用众多受力复杂的梁柱构架(这些知识在后面将专门讲述),所以设计计算要采用简化、适用的分析模型,对组成构架的各构件的内力和变形加以验算和配筋,以保证对下部结构要求的整体强度、稳定性和适宜刚度。

桥梁墩台基础不仅受与上部桥梁结构同样因素的影响(如汽车和人群荷载、风力、温度影响力等),而且由于自身是水下土中的结构物,还受水流和水中的漂流物、流冰、船舶等撞击作用。这些力的作用方向,主要是横桥方向。桥梁基础还受到地基土性质变化所产生的各种因素的作用,如在冻土地区,就会受到土在冻结时产生的各种冻胀力的作用。由于上部结构体系的不同,上部结构对墩台基础的作用状态也不同,所受的力有梁式结构传下来的竖向反力,也有拱式结构产生的很大的水平推力,还有索吊体系桥梁(悬索桥和斜拉桥)、T形刚构桥梁等产生的正、负反力作用。

上述各种外力作用,既有顺桥方向的,又有横桥方向的,有时还是同时作用,所以墩台基础是一个空间受力结构。不同地区、不同河流,甚至同一座桥上不同位置的墩台基础,其所受到的各种力的作用状态和组合都是不同的,可能是顺桥方向控制设计,也可能是横桥方向控制设计。当两种情况不能明确判断时,则两种情况都要进行验算。

在这里还要强调一点,《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)(以下简称《公桥基规》)对于作用于下部结构的一部分影响很大的作用(荷载),如土压力、制动力、冰压力、船筏撞击力等,因其作用随机性较大,变化幅值大,所以计算规定与取值比较粗略。尤其是地基土,由于土体性状的复杂性,规范提供的计算参数变幅范围较大,虽然普遍应用性较强,但降低了实际应用的精确性。由于下部结构设计中考虑的各种作用参数具有一定的粗略性,因此下部结构计算不可能有十分精确的解析结果。设计者要依据工程的重要性和对具体的自然条件、水文地质条件的了解,并考虑施工的主导工艺本质特点和影响,结合以往的经验教训,经过分析判断,选取合理可靠的计算参数。

下部结构施工的自然和技术条件与上部结构相比,难以预计的因素多,变数较大,结构设计又不易大规模变更,必须用临时的施工措施来应对出现的问题。因此,下部结构,尤其是复杂的大型基础,依据关键性自然因素和技术条件在理论及经验指导下确定主导的施工方法十分重要。在实际工程中,下部结构发生意外事故和施工偏差的情况往往多于上部结构,是一个风险性很大的施工环节。统计资料表明,桥梁灾难性破坏,绝大部分是由于下部结构破坏所致。从防灾、减灾、保证桥梁安全使用的设防标准考虑,下部结构是最关键的部位之一。

第二节 桥渡设计中有关确定墩台基础位置的要求

桥渡设计不涉及桥梁结构的力学计算,主要任务是确定桥梁位置、桥长和桥高,以及桥梁的分孔和基础的埋置深度等。实际上,分孔的问题就是确定孔数及墩台位置,这是一个复杂的、涉及因素较多的问题,它不仅直接影响通航和桥梁的安全使用,而且对施工难易、桥梁造价也有很大影响。

一、跨径选择问题

在同一桥渡线上,采用大跨径将减少孔数、墩数,但增加了上部结构的工程量和施工难度,小跨径则反之。通航性河流必须满足通航净空要求,不通航河流要考虑泄洪要求的过水面积、流向的变化和桥头水位壅高程度。在大河上建桥,跨径不宜太小,各墩位的自然条件、河床高

程不同,有时采用不尽相同的跨径可以获得最佳效果,但要注意分孔不宜太零乱。另外,一些上部结构为特殊受力体系的桥梁,其对下部结构传力性质和平衡要求与一般桥梁不同,如悬索桥的主缆锚碇基础、斜拉桥的辅助墩、连续梁与连续刚构兼受拉力的桥台等不能按一般墩台基础的概念布置设计,而需适应外力的有利传布和平衡,作为特殊受力结构体设计。

二、尽量避免在深水主槽中布墩

深水主槽水流流速大,修筑桥墩后阻水产生较大的冲刷,需要加深基础,这将造成桥墩和基础施工上的困难。所以,对于水深流急、深泓线摆动很大的部位不易布墩。

对于在有通航要求和有漂流物、流冰的河流,由于修筑桥墩后,在桥墩附近形成旋流而对船舶等有吸引力,极易将其吸往桥墩导致撞击事故发生。所以行船在很远就要注意对桥跨居中行驶,实践要求,一般通航河流最小跨径不宜小于40m。

对于通航水位时水流方向不垂直于桥孔的河流,尤其在河流转弯处,布设桥墩一定要慎重,因为此种情况下船只很容易撞及桥墩。如我国长江中上游的某大桥,原设计方案为一座主孔460m跨径的斜拉桥,它为航运提供了宽广的范围,后来改用了多孔预应力混凝土连续刚构,虽然桥的跨径也有245m(1996年建成时位居世界同类桥型第二跨度),但有一个桥墩正好布置在水流转弯处,因而出现船撞桥墩的事故。与此相反,法国的诺曼底(Normandie)大桥位于塞纳河口,原设计为跨径512m的斜拉桥,后考虑桥塔有被船撞的危险,航运部门要求放大桥孔,经过几年的争议与研究,最后决定将一个塔移到岸边,另一个塔设在人工岛上,跨径放大到856m,比原来的跨径大出344m,并且在塔墩脚下做了很好的防护措施,以避免15万t油轮碰撞。由此可见,对大江大河中的桥梁桥孔设计布墩问题必须慎重对待。

在变迁性河流或深泓线摆动较大的游荡性河段建桥,还应考虑水流流向变化对墩身阻水和通航的影响,以免使通航孔废弃。

三、桥渡设计中的墩台基础冲刷问题

桥渡设计中的冲刷是决定桥墩基础埋置深度的关键因素。实际桥渡设计中的各方面内容,都直接或间接地影响桥渡冲刷,水毁的桥梁绝大多数最终表现为冲刷过大造成墩倾梁倒。确定桥梁长、高、深等,实质上是确定桥下过水面积的问题。要在江河上建桥,一般都需要在水中设置桥墩以支承桥梁,而桥墩的基础则需要埋置在河床以下一定的深度,于是桥墩、水流和地质条件就形成相互影响的矛盾统一体,而冲刷则是这种矛盾统一体相互作用的体现。冲刷是引用单宽流量计算的一般冲刷、集中冲刷与局部冲刷深度的叠加总和,虽然计算粗略但影响甚大,处理不当会将基础底土层淘空,危及基础乃至全桥的安全和稳定。

冲刷的问题直接影响河道压缩(桥梁长度)、桥墩的结构形式、基础埋置深度等方面的规划设计。在规划水库上游建桥时,要考虑将来水位抬高和冬季冰塞作用;在下游附近建桥要考虑将来清水泄洪和放淤冲刷的影响。桥台的布置要保证桥下有足够的泄水面积。特别对单孔桥梁,桥台类型可直接影响跨长的变化和水流的压缩程度(图1-2),实际上也直接影响桥梁的安全和造价。

四、地质条件的要求

地质条件对桥梁的安全影响甚大。通常桥墩的基础都要设置在河床表面以下数米乃至数十米以下,因此必须通过钻探和物探的手段来探察清楚河床深处的地质情况。对于地质复杂、

基础工程量较大的河流,减少桥墩数量可能得到经济孔径。

一般桥墩位置应尽量避免避开断层与陷穴、软弱地质夹层带或石灰岩地区的不良地质处(溶洞、溶沟等),尽量选择岩面高程较高位置处。

在地质不稳定的山区隘口修建桥梁,一定要注意防止泥石流将桥墩撞倒而致桥毁,一般尽可能一孔跨过。在山区建桥应放大孔径,减少桥墩数,尤其要避开深谷设墩。

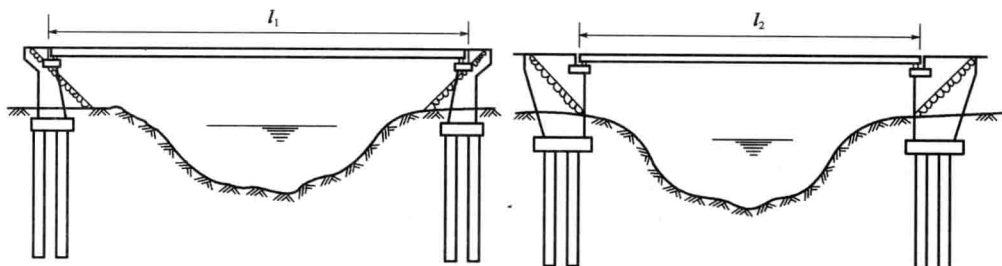


图 1-2 桥台类型与跨长变化

第三节 墩台基础设计原则和影响因素

一、设计原则

根据我国的建设方针,公路桥涵根据所在公路的使用任务、性质和将来发展的需要,按照“安全、适用、经济、美观和有利环保”的原则进行设计,使结构安全与造价经济相统一,使用功能与美学造型相统一。

所谓结构安全,就是在施工和营运阶段,墩台基础本身要有足够的强度和稳定性,这是最基本的要求。结构的安全若保证不了,就会与造价经济产生矛盾。

下部工程造价通常在整个桥梁造价中占有相当大的比重。在复杂地质条件和深水大河中,有时会超过上部结构的造价,而且基础工程往往可能由于施工中遇到意外情况而使工期延长,造价增加。

实际上安全与经济统一是一个优化设计的问题,也就是在全面分析影响墩台基础设计的各种因素的基础上,因地制宜地确定合理的结构形式和尺寸、施工方案,在保证施工和营运阶段安全、可靠、正常使用的基础上,达到最优的经济性。

目前,桥梁技术的发展,对桥梁的使用功能和跨越能力、通过能力、承载能力等要求越来越高;同时,对桥梁外形的美学要求也越来越高。由于桥梁在人们社会生活和地理环境中的特殊地位,往往会给所在城市增加景观,甚至成为该城市的标志之一。例如金门桥就是旧金山的标志;武汉长江大桥是武汉市的标志;南京长江大桥建成后,又成了南京市的标志。

若想使桥梁结构造型美观,并与周围景观相协调,墩台结构造型同上部结构一样起着举足轻重的作用。

目前大量使用的梁式桥结构,如钢筋混凝土和预应力混凝土 T 梁、箱梁等,决定了其上部结构的单调平淡,作较大的变化比较困难。国内外变化多样的梁桥,实际上是在桥墩结构上采取了不少新结构形式。现在基本上破除了过去肥梁胖墩的形象,改变上小下大的线形造型。德国桥梁建筑大师雷昂哈特(Leon Hardt)在《桥梁的艺术造型》一书中指出:“在大型桥梁中,纤细性占举足轻重的地位,它既可减少压缩在河上的质量,又可增加大胆高翔的印象,还能显

示出一种使人感到优美而富有生气的魄力。”如现在多采用的上宽下窄桥墩,给人以轻巧向上的感受;直线向上伸展的高墩,则又使人感到挺拔肃穆、高耸有力。

目前桥墩多采用钢筋混凝土杆、板体系,以改进结构,取得构思的多样性,向轻型化、拼装化发展。桥头的美学要求(桥台结构、端柱、上部结构、桥头堡等)应合乎比例,协调地把桥渡和引道、陆地、引桥有机地联系起来,形成一个岸景,这对城市桥梁是至关重要的。

二、墩台基础设计影响因素

影响桥梁下部结构设计的因素较多,其中主要有上部结构类型(如拱桥、梁桥、斜拉桥、T构等)、桥位处水文地质条件、桥梁设计标准(活载标准、跨径、桥宽等)及桥梁所处地理位置和总体美学规划要求等;其次如施工机具设备和技术力量、材料供应情况、地形及相邻结构物的影响;另外,其他自然条件(如冻结情况、施工水位等)也有一定的影响。

在诸多的影响因素中,一般结合桥位具体条件,抓住起主导作用的因素首先予以满足,然后再综合考虑其他因素的要求。

作为基础设计,一般优先考虑扩大基础,然后才是桩基础和沉井基础。对于管柱、沉箱和组合基础,一般只在特殊情况下采用。如果条件复杂,则应拟定出几种可行的基础设计方案进行技术经济比较,择优选用。

第四节 墩台基础设计施工所需资料

桥梁下部结构设计和施工所需要的资料,基本上包括了桥梁设计中所涉及的一切有关资料。与上部结构有关的资料对下部结构同样有影响,而对地基土物理力学性质有影响的资料,也直接关系到对墩台基础类型的选择和尺寸的拟定。

其主要设计资料可归纳为如下几部分。

一、桥位测量资料

桥位测量资料是在桥位勘测阶段形成的最主要的资料,其中包括:区域性的桥位平面图,其测量范围要能足以显示出桥位与该地区的相互关系,比例尺一般为 $1:1\,000 \sim 1:2\,000$ 。桥位平面详图(或桥址地形图),反映桥位处地形地物(或街区建筑物)之间的空间关系,桥位与河道及水流流向的平面关系、与桥轴线及高程有关的里程桩及水准点位置,比例尺一般为 $1:500 \sim 1:2\,000$ 。桥位中线纵断面图或河床横断面图是用来进行水文计算和桥梁总体布置的,图上标明高程资料,比例尺一般为 $1:100 \sim 1:500$ 。

二、自然资料

(1) 气象资料

气象资料主要包括桥位地区月平均最高最低气温、日最高最低气温、温差、热辐射强度、降雨资料(降雨强度、阴雨时间等)、风力资料(主导风向、风压强度等)、冻深资料等。

(2) 河道自然资料

河道自然资料包括桥位附近河床特征和平面形态,如滩槽宽度与深度、水流流向汇交情况、冲挟泥沙能力、洪水泛滥边界、两岸地势、冲刷情况、岸滩植被覆盖情况等。

(3) 水文资料

当有水文站实测资料时,应当将资料按水文计算要求搜集全。不足的资料要实测补充。当无水文站资料时,应根据形态调查法结合外业勘测实测调查有关水位、坡降、流速、冲刷等资料。当有漂流物和流冰时,还应调查了解漂流物性质、体积和质量、流冰最高最低水位、流冰强度等资料。

对有通航要求的河流,尚应掌握航道等级、最大航运吨位、通航水位净空等资料。

三、规划资料

规划资料包括城市和桥位附近地区的人口、工农业现状和远景规划、车辆及人流现状和远景规划、城市街区和道路网远景规划、桥位处及影响桥梁设计的有关河流流域土地水利规划情况、荷载发展及可能出现的特殊车辆荷载资料等。

四、上部结构设计计算及有关设计标准的资料

上部结构类型、尺寸及计算结果是下部结构设计的依据。有关桥梁设计的技术标准及有关要求包括:车辆荷载等级,特殊车辆的轴数、轴重及外形尺寸;桥面净宽、桥下净空要求(如立交桥与通航河流),引道等级及桥面纵坡要求;国防及其他安全上的要求(如抗震要求);城市公共事业管线的过河要求等。

五、工程地质钻探及土质岩石鉴定、分类、物理力学指标资料

根据钻孔柱状图资料绘制地质剖面图,并结合桥梁的具体情况进行必要的土工试验和鉴定,提供基础设计时所需要的各土层物理力学指标资料、不良地段及特殊地质现象的有关详细资料。

六、建筑材料调查及供应资料

建筑材料调查及供应资料包括:钢材、木材、水泥等规格、质量、数量,地产材料(砂、石)等料场情况、规格、数量,以及单价、运输方式、费用等编制概预算所需的有关资料。

七、现场施工条件资料

现场施工条件资料包括施工用地、水电、运输条件等。

八、施工单位资质水平、技术力量、机具设备等资料

(略)

九、桥梁所处环境及对建筑艺术上的特殊要求等资料

(略)

十、同类型桥梁有关设计、施工、使用方面的资料

可供设计施工参考。

第五节 墩台基础所受作用及作用效应组合

一、作用分类与作用代表值

桥梁所受到的各种作用,都会对桥梁下部结构产生直接或间接的影响,称之为作用效应。为了便于计算应用,现行《公路桥梁设计通用规范》(JTG D60—2004)(以下简称《公桥通规》)将桥梁所受各种作用,按随时间的变异分为以下3类。