

高等职业教育规划教材

基础工程

姜仁安

郭 梅

王东杰

主编

Jichu Gongcheng



人民交通出版社

China Communications Press

高等职业教育规划教材

基础工程

姜仁安

郭梅

王东杰

主编



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书为高等职业教育规划教材,按照 2007 年交通部颁布的新规范进行编写。内容包括:绪论、作用与作用效应组合、天然地基上的刚性浅基础、桩基础、沉井基础、地基处理及特殊土地基等,共七章。本书根据工程实践的需要和高职教材的特点,着重探讨公路桥梁常用的基础类型、设计计算方法和施工方法,并介绍了软弱地基的处理方法和特殊土地基的基础工程问题。其中关于刚性浅基础、桩基础和沉井基础均附有设计算例。各章前提出学习目标,各章后附有思考题与习题,供学生参考与练习。

本书为高职高专院校道桥工程技术、工程管理及其他相关专业的教学用书,也可供应用型本科院校教学使用以及公路工程管理与技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程 / 姜仁安,郭梅,王东杰主编. —北京:人民交通出版社,
2008.9

ISBN 978-7-114-07108-9

I. 基… II. ①姜… ②郭… ③王… III. 地基—基础
(工程) IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 053267 号

书 名: 基础工程

著 作 者: 姜仁安 郭 梅 王东杰

责任编辑: 韩亚楠

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)59757975, 85285977

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17

字 数: 426 千

版 次: 2008 年 9 月第 1 版

印 次: 2008 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07108-9

印 数: 0001—3000 册

定 价: 33.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



Q IANYAN

《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)于2007年9月29日发布,与上一版规范相比,内容发生了很大变化。为了及时更新教学内容,满足实际需求,我们依据此规范编写了本教材。教材中涉及的主要规范还有:《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)、《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61—2005)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)及《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041—2000)。

本教材主要对桥梁工程中应用较广的天然地基刚性浅基础和桩基础的设计与施工进行了详细具体的叙述,并且介绍了常见的地基处理方法和特殊土地基的有关工程问题。沉井的设计计算可结合实际情况选学。

为了符合高职教育的特点和人才培养目标,本教材在内容的选择上更加注重实用性、时效性和可操作性。对于基础的设计计算,不进行详细的公式推导,只说明计算原理、方法和过程,会应用公式计算即可;为了便于理解和使用,还附有浅基础、桩基础和沉井基础的设计算例。另外,本书注重新方法、新技术和新工艺的体现,例如,在施工方面引入了目前已较多采用并首次列入规范的桩的后压浆施工技术,从而使本教材的内容更加实用。

本教材内容系统,条理清楚,简明扼要,通俗易懂,便于读者阅读理解。

参加本书编写工作的人员有:吉林交通职业技术学院姜仁安、郭梅、王东杰、张求书、高峰、郭丰敏、车广侠、李艳、徐静涛、赵洪波、于辉,吉林省长春市吉粮集团房地产开发有限公司高廷文。姜仁安编写第一章、第三章、第六章,郭梅编写第二章、第四章、王东杰编写第五章的第五节、第六节,张求书、高峰、郭丰敏共同编写第七章,车广侠、李艳、徐静涛、于辉共同编写第五章的第一节到第四节,高廷文、赵洪波共同编写附表。全书由姜仁安、郭梅、王东杰担任主编,由姜仁安、郭梅统稿。在编写过程中参考了相关的论著和资料,在此谨向相关文献的作者致谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有缺点和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2008年5月于长春

第一章 绪论	1
第一节 地基与基础概述	1
第二节 基础工程设计所需资料	4
第三节 基础工程学科的发展概况	6
第四节 本课程的学习内容与要求	7
思考题	7
第二章 作用与作用效应组合	8
第一节 作用的概念及分类	8
第二节 作用效应组合	13
第三节 基础的受力形式和验算方向	17
思考题	18
习题	18
第三章 天然地基上的刚性浅基础	19
第一节 刚性浅基础的形式与构造	19
第二节 刚性浅基础的设计计算	21
第三节 埋置式桥台刚性扩大基础设计算例	36
第四节 天然地基上浅基础的施工	45
思考题	57
习题	57
第四章 桩基础	59
第一节 概述	59
第二节 桩和桩基础的类型	61
第三节 桩与桩基础的构造	67
第四节 单桩容许承载力的确定	74
第五节 桩的内力和变位计算	90
第六节 群桩基础整体验算	115
第七节 桩基础的设计	118
第八节 桩基础的施工	122
思考题	153
习题	153
第五章 沉井基础	156
第一节 沉井基础的概念、特点及适用条件	156
第二节 沉井基础的类型	157

第三节	沉井基础的构造	159
第四节	沉井基础的施工	161
第五节	沉井的设计与计算	168
第六节	沉井计算示例	181
思考题		194
第六章	地基处理	195
第一节	概述	195
第二节	换土垫层法	198
第三节	挤密压实法	201
第四节	排水固结法	212
第五节	深层搅拌(桩)法	216
第六节	灌浆胶结法	220
第七节	土工合成材料加固法	222
思考题		223
习题		223
第七章	特殊土地基	224
第一节	湿陷性黄土地基	224
第二节	膨胀土地基	229
第三节	红黏土地基	234
第四节	山区地基	235
第五节	冻土地地区的地基与基础	237
第六节	地震区的地基与基础	244
思考题		248
附表		249
参考文献		266

第一章

绪 论

学习目标

1. 解释地基、基础的概念及其分类;
2. 解释地基与基础在整个建筑物中的作用;
3. 明确地基与基础的设计原则和要求。

第一节 地基与基础概述

一、地基与基础的概念

任何建筑物都建造在一定的地层上,建筑物的全部荷载都由它下面的地层来承担,并使地层中的应力状态发生改变。一般把承受整个建筑物荷载而应力状态发生改变的那一部分地层称为地基,建筑物底部与地基接触的那部分构造称为基础,如图 1-1 所示。

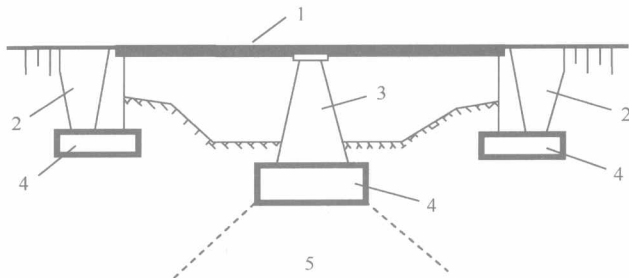


图 1-1 桥梁结构立面示意图

1-上部结构;2-桥台;3-桥墩;4-基础;5-地基

基础起着“承上启下”的作用,也就是承受其上部作用的全部荷载,并将其传递、扩散到地基中。所以,要求基础必须具有足够的强度与稳定性,以保证整个建筑物的安全和正常使用。而地基承受着由基础传来的整个建筑物荷载,它对整个建筑物的安全和正常使用起着根本作用,所以要求地基也必须具有足够的强度与稳定性,并且变形(主要指沉降)也应在容许范围以内。

对于浅基础而言,地基可分为持力层和下卧层。持力层为直接与基础底面相接触的那部分地层,它直接承受基底压应力作用。持力层以下受建筑物荷载影响的地层称为下卧层。

整个桥梁分为上部结构和下部结构,上部结构为用于通行的桥跨结构,而下部结构包括桥

墩、桥台及其基础。基础工程包括建筑物的地基与基础的设计与施工。

二、地基与基础的分类

根据地层变化情况、上部结构的要求、荷载特点和施工技术水平,可采用不同类型的地基与基础。

(一)地基分类

地基可分为天然地基与人工地基。直接砌筑基础不需人工处理的地基称为天然地基。如果天然地层的土质过于软弱或存在不良工程地质问题,需要经过人工加固或处理后才能修筑基础,这种经过人工加固处理的地基称为人工地基。在一般情况下,应尽量采用天然地基。

(二)基础分类

基础的类型,可按基础的埋置深度、刚度、构造形式及施工方法等来进行分类。

1. 按埋置深度分类

基础按埋置深度可分为浅基础(5m 以内)和深基础两种。当浅层地基承载力较大时,可采用埋深较小的浅基础。浅基础施工方便,通常用明挖法从地面开挖基坑后,直接在基坑底面砌筑、浇筑基础。桥梁及各种人工构造物常采用天然地基上的浅基础。如果浅层土质不良,需将基础埋置于较深的良好土层上,这种基础称为深基础。深基础设计和施工较复杂,但具有良好的适应性和抗震性,常见的形式有桩基础、沉井和管柱基础。我国公路桥梁应用最多的深基础是桩基础。

2. 按基础的刚度分类

按基础的刚度亦即受力后基础的变形情况,其可分为刚性基础和柔性基础,如图 1-2 所示。采用圬工材料(如浆砌块石、混凝土等)砌筑,刚度极大的基础称为刚性基础[图 1-2a)]。它是桥梁、涵洞和房屋等建筑物常用的基础类型。由于圬工材料的抗压强度大而抗弯拉强度小,所以基础受力后不容许发生挠曲变形,否则将产生开裂破坏。这种基础不需要钢材,造价较低,但圬工体积较大,且支承面积受一定限制。采用钢筋混凝土砌筑,具有一定刚度和弹性的基础称为柔性基础或弹性基础[图 1-2b)]。由于钢筋可以承受较大的弯曲拉应力和剪应力,所以基础受力后容许发生一定挠曲变形。当地基承载力较小时,采用这种基础可以有较大的支承面积。

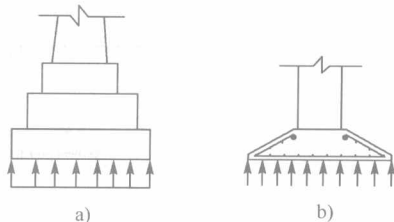


图 1-2 刚性基础和柔性基础

a) 刚性基础; b) 柔性基础

3. 按构造形式分类

对于桥梁基础,按构造形式可分为实体式基础和桩柱式基础两类。当整个基础都由圬工材料筑成时,称为实体式基础,如图 1-3a)所示。其特点是基础整体性好,自重较大,所以对地基承载力要求也较高。由多根基桩或小型管桩组成,并用承台联结成为整体的基础,称为桩柱式基础,如图 1-3b)所示。这种基础较实体式基础圬工体积小,自重较轻,对地基强度的要求相对较低。桩柱本身一般要用钢筋混凝土

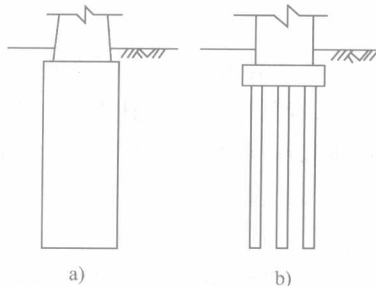


图 1-3 实体式基础和桩柱式基础

a) 实体式基础; b) 桩柱式基础

制成。

4. 按施工方法进行分类

基础按施工方法可分为明挖法、沉井、沉桩、沉管灌注桩、就地钻(挖)孔灌注桩以及钻(挖)孔埋置桩等。明挖法最为简单,但只适用于浅基础,其他方法均用于深基础。本教材将在后续章节中分别介绍明挖法、沉井、沉桩、就地钻(挖)孔灌注桩等的施工方法。

5. 按基础的材料分类

目前我国公路建筑物基础大多采用混凝土或钢筋混凝土结构,少部分用钢结构。在石料丰富的地区,可就地取材,采用石砌基础。

三、地基与基础的重要性

工程实践表明:地基与基础的设计和施工质量的优劣,对整个建筑物的质量和正常使用起着根本的作用。

(1)地基与基础位于地面以下,为隐蔽工程,如有缺陷,较难发现,也较难弥补和修复,而这些缺陷往往直接影响整个建筑物的使用甚至安全。例如:地基的不均匀沉降、地基的承载力不够或基础本身的结构破坏,均可能导致建筑物发生倾斜、沉陷以致倒塌或使上部结构产生裂缝。

(2)基础工程的进度经常控制着整个建筑物的施工进度。

(3)基础工程的造价,通常在整个建筑物造价中占相当大的比例,尤其是在复杂的地质条件下或深水中修建基础更是如此。

可见,地基与基础在整个建筑物中占有十分重要的地位,对整个建筑物的影响巨大。因此,对基础工程必须做到精心设计、精心施工,以保证建筑物的质量和经济合理。

四、地基与基础的设计原则与要求

(一)设计原则

在对地基与基础进行设计的时候,要遵循以下设计原则:

(1)保证所承载建筑物的质量。也就是技术上要求建筑物稳固、耐用和适用,以保证建筑物的正常和安全使用。

(2)保证设计方案的经济性。即要求建筑物总造价尽可能低廉。

(3)保证设计方案的可行性。也就是根据当时、当地的具体情况(如技术和施工队伍的能力和水平、材料、机械设备的供应及施工现场其他的具体条件等),实现设计方案是切实可行的。

为了使全国各地都有一个统一的设计依据和标准,各建设部门都制定了相应的设计规范,这些规范是根据我国的现有生产技术水平、实际经验和科学研究成果,结合各专业的特殊要求编制出来的。其中《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)是公路桥涵地基与基础设计的直接依据,对公路桥涵地基和基础的设计计算作了一系列具体的规定和要求。

(二)设计要求

地基与基础设计计算的基本要求是:

(1)地基具有足够的强度和稳定性,使基础底面压力小于地基的容许承载力。即保证地基在建筑物等外荷载作用下,不出现过大的、有可能危及建筑物安全的塑性变形或丧失稳定性

的现象。

(2)基础的沉降或相邻基础的沉降差在允许范围以内,以保证上部结构的正常使用。

(3)基础具有足够的强度,以保证基础本身坚固耐用。

(4)基础具有足够的稳定性,以保证基础不发生倾覆和滑动,并防止地基土从基础底面被水流冲刷掉。

(5)防止地基土发生冻胀。当基础底面以下的地基土发生严重冻胀时,对建筑物往往是十分有害的。冻胀时地基虽有很大的承载力,但其所产生的冻胀力有可能将基础向上抬起,而冻土一旦融化,土中含水率很大,地基承载力突然大大降低,基础有可能发生很大沉陷,这是不能允许的。所以对寒冷地区,这一点必须予以考虑。

建筑物是一个整体,地基、基础、墩台和上部结构是共同工作且相互影响的。因此,地基与基础的设计应紧密结合上部结构、墩台特性和要求进行,全面分析建筑物整体和各组成部分的可行性、安全性和经济性,把强度、变形和稳定性紧密地与现场条件、施工条件结合起来,全面分析,综合考虑。

目前,要把这几部分完全统一起来进行设计还有困难,现阶段采用的常规设计方法是这几部分分开,按照静力平衡的原则,采用不同的假定进行分析计算,同时考虑地基——基础——上部结构的相互共同作用。

地基基础设计时,要想满足上述要求,必须在着手设计前,首先掌握准确、足够而又必要的资料。

第二节 基础工程设计所需资料

地基与基础的设计方案、计算中有关参数的选用,都需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。因此,桥梁的地基与基础在设计之前,应通过详细的调查研究,充分掌握必要的、符合实际情况的资料。

(1)建筑物的情况。如上部结构形式、跨径、建筑物用途、桥梁和墩台的构造与尺寸等。

(2)荷载作用情况。包括可能作用于建筑物上的各种荷载大小、方向、作用位置、荷载性质(静荷载还是动荷载)及作用时间等。

(3)水文资料。如桥梁所在江河水流的高水位、低水位、常水位、水流流速及冲刷深度等。

(4)工程地质资料。主要是地质剖面图或柱状图,图上应示出各土层的分布情况、厚度、冻结深度、地下水位高度、岩面高程、倾斜度以及土中大而硬的孤石、不良工程地质现象等。此外,还必须有各种地基土必要的物理、力学性质指标。

以上四部分资料对选择基础的埋置深度、类型和尺寸并进行各项验算是必不可少的。

(5)施工条件。包括施工队伍的人力、物力(主要是机具设备的配备)、技术水平、施工经验、施工期限以及附近的材料、水电供应和交通等情况。掌握这方面资料有助于选择经济合理而又切实可行的地基基础方案。

此外,如工地附近有已建成的桥梁,还应调查掌握现有桥梁结构及使用情况的资料,这对新建结构物的设计有重要的参考价值。

上述资料是设计的重要依据,尤其是水文和地质资料,它的准确性将直接影响设计的质量,必须给予足够的重视。

总之,在进行基础设计的时候,既要考虑上部结构的情况,又要考虑地基土的特点;既要考虑

多方面的技术要求,又要考虑当时、当地的具体条件。只有把这几方面关系全面地处理好,才能把基础设计工作做好,这是从根本上保证整个建筑物设计质量的重要环节,必须充分加以重视。

基础工程设计所应掌握的地质、水文、地形等详细资料如表 1-1 所示。其中,各项资料内容范围可根据桥梁工程规模、重要性及建桥地点工程地质、水文条件的具体情况和设计阶段确定取舍。

基础工程设计所需资料 表 1-1

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)桥位附近地貌、地物; (3)不良工程地质现象的分布位置; (4)桥位与两端路线平面关系; (5)桥位与河道平面关系	(1)桥位的选择、下部结构位置的研究; (2)施工现场的布置; (3)地质概况的辅助资料; (4)河岸冲刷及水流方向改变的估计; (5)墩台、基础防护构造物的布置
2. 桥位工程地质勘测报告及工程地质纵剖面图		(1)桥位地质勘测调查资料包括河床地层分层土(岩)类及岩性,层面高程,钻孔位置及钻孔柱状图; (2)地质、地史资料的说明; (3)不良工程地质现象及特殊地貌的调查勘测资料	(1)桥位、下部结构位置的选定; (2)地基持力层的选定; (3)墩台高度、结构形式的选定; (4)墩台、基础防护构造物的布置
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	(1)分析和掌握地基的层状; (2)地基持力层及基础埋置深度的研究与确定; (3)地基各土层强度及有关计算参数的选定; (4)基础类型和构造的确定; (5)基础下沉量的计算
4. 河流水文调查报告		(1)桥位附近河道纵横断面图; (2)有关流速、流量、水位调查资料; (3)各种冲刷深度的计算资料; (4)通航等级、漂浮物、流冰调查资料	(1)确定根据冲刷要求基础的埋置深度; (2)桥墩身水平作用力计算; (3)施工季节、施工方法的研究
5. 其他调查资料	(1)地震	(1)地震记录; (2)震害调查	(1)确定抗震设计强度; (2)抗震设计方法和抗震措施的确定; (3)地基土振动液化和岸坡滑移的分析研究
	(2)建筑材料	(1)就地可采取、供应的建筑材料种类、数量、规格、质量、运距等; (2)当地工业加工能力、运输条件有关资料; (3)工程用水调查	(1)下部结构采用材料种类的确定; (2)就地供应材料的计算和计划安排
	(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)实地调查采访记录	(1)气温变化的确定; (2)基础埋置深度的确定; (3)风压的确定; (4)施工季节和方法的确定
	(4)附近桥梁的调查	(1)附近桥梁结构形式、设计书、图纸、现状; (2)地质、地基土(岩)性质; (3)河道变动、冲刷、淤泥情况; (4)营运情况及墩台变形情况	(1)掌握架桥地点地质、地基土情况; (2)基础埋置深度的参考; (3)河道冲刷和改道情况的参考

第三节 基础工程学科的发展概况

基础工程与其他技术学科一样,是人类在长期的生产实践中不断发展起来的,在世界各文明古国数千年前的建筑活动中,就有很多关于基础工程的工艺技术成就,但由于当时受社会生产力和技术条件的限制,在相当长的时期内发展很缓慢,仅停留在经验积累的感性认识阶段。

国外在 18 世纪产业革命以后,城建、水利、道路建筑规模的扩大促使人们加强了对基础工程的重视与研究,对有关问题开始寻求理论上的解答。此阶段在作为本学科的理论基础的土力学方面,如土压力理论、土的渗透理论等有局部的突破,基础工程也随着工业技术的发展而得到新的发展,如 19 世纪中叶利用气压沉箱法修建深水基础。20 世纪 20 年代,基础工程有比较系统、完整的专著问世。1936 年召开第一届国际土力学与基础工程会议后,土力学与基础工程作为一门独立的学科取得不断的发展。20 世纪 50 年代起,现代科学新成就的渗入,使基础工程技术与理论得到了更进一步的发展与充实,成为一门较成熟的独立的现代工程学科。

我国是一个具有悠久历史的文明古国,古代劳动人民在基础工程方面,也早就表现出高超的技艺和创造才能。例如,远在 1 300 多年前,隋朝所修建的赵州安济石拱桥,不仅在建筑结构上有独特的技艺,而且在地基基础的处理上也非常合理,该桥桥台坐落在较浅的密实粗砂土层上,沉降很小,现反算其基底压力约为 $500 \sim 600\text{kPa}$,与现行的各设计规范中所采用的该土层容许承载力的数值(550kPa)极为接近。

随着我国经济建设的发展,促进了本学科迅速发展,并取得了辉煌的成就。例如,在桥梁基础工程方面,为充分利用天然地基承载力,改进和发展了多种结构形式的浅基础,以适应不同地基土质和不同荷载性质及上部结构的使用要求。

为缩短工期、降低造价和适应大型及大跨度桥梁的建设,大力发展了深基础技术。随着在各种土层、各种深度中基础设计和施工技术经验的积累,桩基础尤其是钻孔灌注桩已成为我国最广泛采用的深基础形式,并在保证基桩质量及动力方法测定轴向承载能力方面也取得了可喜成就。为提高基桩承载能力、减少沉降,采用扩底和压浆等措施也取得了很好的经验。

对沉井基础技术的研究,在轻型、薄壁、助沉技术、机械化施工方面及沉井与桩、管柱组合式深水基础等方面开展了许多工作,取得了丰富的经验。

近年来我国铁路、高速公路发展迅速,在长江、黄河等大江大河和近海区域修筑的大型桥梁工程中采用了大直径钻孔灌注桩、预应力管桩、管柱、钢管桩、多种形式的浮运沉井、组合式沉井等一系列新型深基础以及各种结构类型的单壁、双壁钢围堰等,成功地解决了复杂地质、深水、大型桥梁基础工程问题。

在软土地基方面,我国地基加固技术发展较快,结合软土特性处理沉降和稳定问题取得了丰富经验。在吸收国外新成就的基础上,发展了一些符合我国国情、充分利用我国材料特点的新的地基处理施工工艺,如堆载预压、深层挤压、搅拌桩、强夯(动力加固法)等,并在地下连续墙、深基坑支护、新材料应用等方面取得了丰富的经验。

目前,我国许多设计单位对常用的主要基础类型的结构设计,已建立了较完备的计算机辅助设计系统,基本上实现了电算化。

国外近年来基础工程科学技术发展也较快。在设计理论上,一些国家采用了概率极限状态设计方法。将高强度预应力混凝土应用于基础工程,基础结构向薄壁、空心、大直径的方向

发展。在施工技术方面,也创造了许多新的工艺和方法,如以大口径磨削机对基岩进行处理,在水深流速较大处采用水上自升式平台进行沉桩(管柱)施工等。

基础工程既是一项古老的工程技术又是一门年轻的应用科学,发展至今在设计理论和施工技术及测试工作中都存在不少有待进一步完善解决的问题,随着经济建设、大型和重型建筑物的发展,将对基础工程提出更高的要求。为适应这些要求,我国基础工程科学技术在设计理论、施工技术及测试手段上都必须进一步完善,并需要着重开展以下工作:开展地基的强度、变形特性的基本理论研究;进一步开展各类基础形式设计理论和施工方法的研究;完善地基处理的设计理论,发展其施工方法;进一步加强基础结构抗震设计研究。

第四节 本课程的学习内容与要求

本课程系统地叙述桥梁及其他人工构造物地基与基础的有关设计基本理论、实用的计算方法和基本施工方法。内容以实用为原则,在设计计算方面重点阐述设计计算的原理、方法和步骤,而对设计计算公式的推导过程不作详细介绍。

本课程在内容上主要侧重于桥梁基础,但其中阐述的基本理论和方法,也适用于其他土建工程有关基础工程问题。这就需要同学们在学习和实践中灵活掌握。

按教学计划,本课程应属于专业课范畴,因此,必须要有专业基础课和其他专业课的支持,这些课程包括:工程地质、土质与土力学、桥涵水文、材料力学、结构力学、结构设计原理以及桥梁工程等,尤其是土质与土力学和桥梁工程为本课程的重要理论基础,应注意前后联系和衔接。

众所周知,基础是修筑在地基之上的构造物,其承载基础的地基土又因不同的地区、不同的地层、不同的局部环境,其物理、力学性质又是复杂多变的。另外,基础的受力情况和施工条件也是千差万别的,这些都给基础的设计和施工带来很大的困难。为了能够切合实际、合理地解决这些问题,就要求我们在学习过程中注意理论联系实际,在基本理论知识指导下进行实践,反过来在实践中丰富、升华基本理论。这也是“基础工程”这门课程的特点。

通过本课程的学习,应达到以下要求:

(1)能够解释有关地基与基础的概念、类型,描述天然地基浅基础和桩基础的常见施工方法。

(2)能够解释和描述地基处理的常见方法。

(3)能够按照书中阐述的设计计算方法,进行天然地基浅基础和桩基础的设计计算,并能够正确使用《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)及其他有关规范,解决地基基础设计中遇到的问题。

思考题

1. 什么是地基和基础?各起什么作用?
2. 地基和基础的类型有哪些?
3. 设计计算时对地基和基础有哪些要求?
4. 为什么说基础工程在整个建筑物中处于重要地位?

第二章

作用与作用效应组合

学习目标

1. 解释作用的概念及分类;
2. 进行汽车荷载和人群荷载的布置和计算;
3. 解释作用效应组合的概念、要求和方法,正确进行设计验算时的作用效应组合;
4. 明确基础设计计算时的受力形式和验算方向。

第一节 作用的概念及分类

一、作用的有关概念

作用是指直接施加在结构上的一组集中力(或分布力),或引起结构外加变形或约束变形的原因。前者称直接作用(亦称荷载),如车辆、人群、结构自重等;后者称间接作用,它不是以外力形式施加于结构,它们产生的效应与结构本身的特性、结构所处环境有关,如地震、基础变位、混凝土收缩徐变、温度变化等。

在结构设计时,针对不同设计目的所采用的各种作用规定值,称为作用代表值。设计的要求不同,采用的代表值也不同。作用代表值一般可分为标准值、频遇值和准永久值。作用的标准值是作用的基本代表值,频遇值和准永久值一般可在标准值的基础上计入不同的系数后得到。

作用的设计值为作用的标准值乘以相应的分项系数。

作用效应是指结构对所受作用的反应,如由作用产生的结构或构件的轴向力、弯矩、剪力、应力、裂缝、变形和位移等。

二、作用的分类

为了便于设计时应用,将作用于桥涵及其他结构物上的各种作用,按其作用时间和出现的频率分为三类,即:永久作用、可变作用和偶然作用。

(一)永久作用

永久作用是指在结构使用期间,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。永久作用包括结构重力、预加力、土的重力、土侧压力、混凝土收缩及徐变作用、水的浮力、基础变位作用。

永久作用应采用标准值作为代表值。

土的重力标准值可按作用于基础上的土的体积与土的重力密度计算确定。

结构重力标准值可按结构构件的设计尺寸与材料的重力密度计算确定。

土侧压力标准值可按《土质学与土力学》及《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)中有关的规定采用。

关于水的浮力的考虑:

水的浮力为水作用于建筑物基础底面的由下向上的力,其大小等于建筑物排开的水的重量。地表水或地下水通过与土体孔隙中自由水的连通来传递水压力与浮力。水是否能渗入基底是产生水浮力的前提条件,因此,水的浮力与地基土的透水性、地基与基础的接触状态以及水压力大小(水头高低)和漫水时间等因素有关。

根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004),水的浮力应分别按下列规定采用:

(1)基础底面位于透水性地基上的桥梁墩台,当验算稳定时,应考虑设计水位的浮力;当验算地基应力时,可仅考虑低水位的浮力,或不考虑水的浮力。

(2)基础嵌入不透性地基的桥梁墩台,不考虑水的浮力。

(3)作用在桩基承台底面的浮力,应考虑全部底面积。对桩嵌入不透水地基并灌注混凝土封闭者,不应考虑桩的浮力,在计算承台底面浮力时应扣除桩的截面面积。

(4)当不能确定地基是否透水时,应以透水或不透水两种情况与其他作用组合,取其最不利者。

预加力、混凝土收缩及徐变作用、基础变位作用的标准值,可按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)中的规定采用。

(二)可变作用

可变作用是指在结构使用期间,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。可变作用包括汽车荷载、汽车冲击力、汽车离心力、汽车引起的土侧压力、人群荷载、汽车制动力、风荷载、流水压力、冰压力、温度(均匀温度和梯度温度)作用。

可变作用应根据不同的极限状态分别采用标准值、频遇值或准永久值作为其代表值。

承载能力极限状态设计及按弹性阶段计算结构强度时,应采用标准值作为可变作用的代表值。正常使用极限状态按短期效应(频率)组合设计时,应采用频遇值作为可变作用的代表值;按长期效应(准永久)组合设计时,应采用准永久值作为可变作用的代表值。

可变作用的标准值应按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)中有关规定采用。可变作用频遇值为可变作用标准值乘以频遇值系数 ψ_1 。可变作用准永久值为可变作用标准值乘以准永久值系数 ψ_2 。

(三)偶然作用

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。偶然作用包括地震作用、船只或漂流物的撞击作用、汽车的撞击作用。

偶然作用采用标准值作为代表值。

地震作用标准值按现行《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004—89)的规定采用。船只或漂流物的撞击作用、汽车的撞击作用标准值,按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)中有关规定采用。偶然作用标准值也可根据调查、试验资料,结合工程经验确定。

三、可变作用标准值的计算

(一) 汽车荷载

公路桥涵设计时,汽车荷载分为公路-I级和公路-II级两个等级。

汽车荷载由车道荷载和车辆荷载组成。桥梁结构的整体计算采用车道荷载;桥梁结构的局部加载、涵洞、桥台和挡土墙土压力等的计算采用车辆荷载。车辆荷载与车道荷载的作用不得叠加。各级公路桥涵设计的汽车荷载等级见表 2-1。

各级公路桥涵设计的汽车荷载等级

表 2-1

公路等级	高速公路	一级公路	二级公路	三级公路	四级公路
汽车荷载等级	公路-I级	公路-I级	公路-II级	公路-II级	公路-II级

二级公路为干线公路且重型车辆多时,其桥涵的设计可采用公路-I级汽车荷载。

四级公路上重型车辆少时,其桥涵设计所采用的公路-II级车道荷载的效应可乘以 0.8 的折减系数,车辆荷载的效应可乘以 0.7 的折减系数。

1. 车道荷载

车道荷载由均布荷载和集中荷载组成,计算图式如图 2-1 所示。

(1) 公路-I级。车道荷载的均布荷载标准值为 $q_k = 10.5 \text{ kN/m}$ 。

集中荷载标准值按以下规定选取:

- ① 桥梁计算跨径小于或等于 5m 时, $P_k = 180 \text{ kN}$;
- ② 桥梁计算跨径等于或大于 50m 时, $P_k = 360 \text{ kN}$;
- ③ 桥梁计算跨径在 5 ~ 50m 之间时, P_k 值采用直线内

插求得。

计算剪力效应时,上述集中荷载标准值 P_k 应乘以 1.2 的系数。

(2) 公路-II级。车道荷载的均布荷载标准值 q_k 和集中荷载标准值 P_k 按公路-I级车道荷载、集中荷载取值的 0.75 倍采用。

(3) 车道荷载的布设方法。均布荷载标准值应满布于使结构产生最不利效应的同号影响线上;集中荷载标准值只作用于相应影响线中一个最大影响线峰值处。

2. 车辆荷载

公路-I级和公路-II级汽车荷载采用相同的车辆荷载标准值。车辆荷载的立面、平面尺寸如图 2-2 所示。车辆荷载的横向布置如图 2-3 所示。

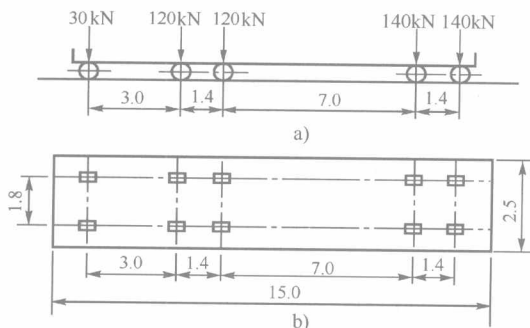


图 2-2 车辆荷载的立面、平面尺寸(尺寸单位:cm)

a) 立面布置;b) 平面尺寸

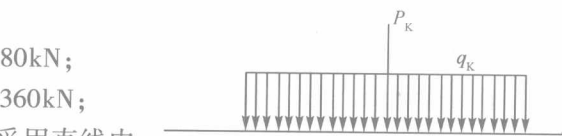


图 2-1 车道荷载

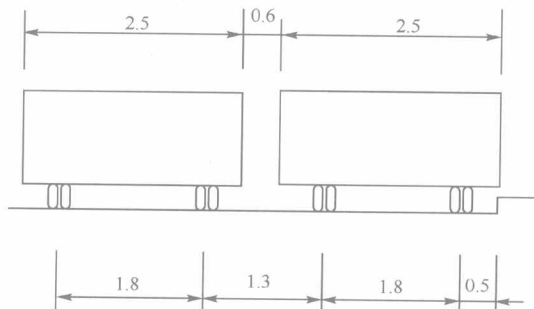


图 2-3 车辆荷载横向布置(尺寸单位:m)

(二)汽车荷载冲击力

1. 汽车荷载冲击力标准值

汽车荷载冲击力标准值为汽车荷载标准值乘以冲击系数 μ 。

冲击系数 μ 可根据结构基频(也叫自振频率) f ,按下列规定采用:

当 $f < 1.5\text{Hz}$ 时, $\mu = 0.05$;

当 $1.5\text{Hz} \leq f \leq 14\text{Hz}$ 时, $\mu = 0.176 7 \ln f - 0.015 7$;

当 $f > 14\text{Hz}$ 时, $\mu = 0.45$ 。

基频计算参见《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)的有关规定。

汽车荷载的局部加载及在T梁、箱梁悬臂板上的冲击系数 μ 采用0.3。

2. 汽车荷载冲击力的采用情况

(1)钢桥、钢筋混凝土及预应力混凝土桥、圬工拱桥等上部构造和钢支座、板式橡胶支座、盆式橡胶支座及钢筋混凝土柱式墩台,应计算汽车的冲击作用。

(2)填料厚度(包括路面厚度)等于或大于0.5m的拱桥、涵洞以及重力式墩台不计汽车荷载冲击力。

(3)支座的冲击力,按相应的桥梁取用。

(三)汽车荷载制动力

制动力是汽车在桥上制动时为克服其惯性力而在车轮和路面之间发生的滑动摩擦力(摩擦系数可达0.5以上)。鉴于在桥上行驶的汽车不可能同时制动,制动力并不等于摩擦系数乘以桥上全部汽车的重力,可采用简化办法进行计算。

一个设计车道上由汽车荷载产生的制动力标准值为车道荷载标准值在加载长度上计算的总重力的10%,但公路-I级汽车荷载的制动力标准值不得小于165kN,公路-II级汽车荷载的制动力标准值不得小于90kN。同向行驶双车道的汽车荷载制动力标准值为一个设计车道制动力标准值的2倍;同向行驶三车道为一个设计车道的2.34倍;同向行驶四车道为一个设计车道的2.68倍。

制动力的着力点在桥面以上1.2m处,计算墩台时,可移至支座铰中心或支座底座面上。计算刚构桥、拱桥时,制动力的着力点可移至桥面上,但不计因此而产生的竖向力和力矩。

设有板式橡胶支座的简支梁、连续桥面简支梁或连续梁排架式柔性墩台,应根据支座与墩台的抗推刚度的刚度集成情况分配和传递制动力。

设有板式橡胶支座的简支梁刚性墩台,按单跨两端的板式橡胶支座的抗推刚度分配制动力。

设有固定支座、活动支座(滚动或摆动支座、聚四氟乙烯板支座)的刚性墩台传递的制动力,按表2-2的规定采用。