



国家示范性高等职业院校课程改革教材

桥梁下部结构施工

(道路桥梁工程技术专业用)



◎ 主编 于忠涛 桑海军

◎ 主审 朱芳芳



人民交通出版社
China Communications Press

国家示范性高等职业院校课程改革教材

Qiaoliang Xiabu Jiegou Shigong

桥梁下部结构施工

(道路桥梁工程技术专业用)

于忠涛 桑海军 主编
朱芳芳 主审

人民交通出版社

本书是国家示范性高等职业院校课程改革教材。全书共设置六个学习情境,以任务驱动的方式把学习内容和过程进行整合。这六个学习情境是:识读审核施工图纸,原材料试验及混凝土配合比设计,高程及线形放样,桥梁基础施工,墩台施工,基础、墩台质量检验与评定。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁下部结构施工/于忠涛,桑海军主编. —北京:人民交通出版社, 2010.3

ISBN 978-7-114-08051-7

I. 桥... II. ①于...②桑... III. 桥梁结构:下部结构—工程施工 IV. U443.2U445

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第216752号

国家示范性高等职业院校课程改革教材

书 名: 桥梁下部结构施工 (道路桥梁工程技术专业用)

著 者: 于忠涛 桑海军

责任编辑: 周往莲

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.cpress.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17

字 数: 416千

版 次: 2010年3月 第1版

印 次: 2011年1月 第2次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08051-7

定 价: 50.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

道路桥梁工程技术专业课程改革教材 编审委员会

主任:张亚军

副主任:王彤 徐雅娜

委员:欧阳伟 于仁财 姚丽 赵永生 李云峰

于国锋 于忠涛 刘存柱 吴青伟 郑宝堂

董天文 马真安 张辉 李立军 王力强

朱芳芳 才西月 高宏新 韩丽馥 李波

郝晓彬 马亮 毛海涛 王卓娅 王加弟

李光林 张新财 刘云全 王奕鹏 李荫国

孙守广 李连宏 杨彦海 赵晖 胥繁荣

付勇 谷力军 戴国清

序 言

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)明确指出:“高等职业教育作为高等教育发展中的一个类型,肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高技能人才的使命”。探索类型发展道路、构建高技能人才培养模式、开发特色教学资源,是高职院校的历史责任。

2006年,辽宁省交通高等专科学校进入国家首批高等职业教育示范院校建设行列,道路桥梁工程技术专业是重点建设专业之一。几年来,该专业团队积极在“类型”概念下探索高等职业教育教学资源建设模式和“高技能人才”培养规格及培养模式。通过对公路建设工程整个过程各阶段的职业岗位和典型工作任务的调研、分析、论证,确定了面向施工一线的道路桥梁工程技术专业高技能人才的专业能力规格,即工程勘察与初步道桥设计、工程概算与招投标、材料试验与检测、道桥工程施工与组织、质量验收与评定“五项能力”规格,并结合北方地域气候特点,构建了教学安排与施工季节相结合,教学内容与施工过程相结合,校内实训与企业顶岗实习相结合的“三个结合”人才培养模式。针对“五项能力”,按照“三个结合”,着眼于实际操作、技术跟踪、综合素质,系统开展课程体系、课程内容改革,并进行相应的教学资源建设,力图通过“在学习中工作,在工作中学习”的教学过程,实现高技能人才的培养目标。

本次出版的系列教材,是专业课程改革和教学资源建设的阶段性成果,是国家示范性建设成果的组成部分,也是全体专业教师、一线工程技术人员共同的智慧结晶和劳动成果。

在教材的开发过程中,得到教育部、国家示范性高等职业院校建设工作协作委员会、辽宁省教育厅等各级领导和诸多专家关心指导,得到众多企业、行业及兄弟院校的大力支持,在此一并致以崇高的谢意!

由于开发时间短,教学检验尚不充分,错误和不当之处难免,敬请专家、同行指教!

道路桥梁工程技术专业教材开发组
二〇〇九年四月

前 言

《桥梁下部结构施工》是高职高专院校道路桥梁工程技术专业的重要专业技术课。本书以国家和交通运输部颁发的最新技术标准、规范和试验规程为依据,以职业岗位工作目标为切入点,紧紧围绕桥梁下部结构施工过程来编写。在编写过程中,注重理论联系实际,强化实用性和可操作性,重点突出行业岗位对从业人员知识结构和职业能力的要求,充分体现高等职业教育的特点。

需要说明的是,教师在具体授课时,应根据授课对象的不同,依据大纲的要求选择相关内容进行讲授。

本书共分6个学习情境,分别是:识读审核施工图纸,原材料试验及混凝土配合比设计,高程及线形放样,桥梁基础施工,墩台施工,基础、墩台质量检验与评定。

本书学习情境1、学习情境2、学习情境6由辽宁省交通高等专科学校于忠涛编写;学习情境3、学习情境4、学习情境5由辽宁省交通高等专科学校桑海军编写。全书由于忠涛、桑海军主编,于忠涛负责全书统稿工作,辽宁省交通高等专科学校朱芳芳担任主审。

在本书编写过程中,参考和引用了大量有关文献资料,在此对原作者顺致谢意。

由于时间仓促,水平有限,书中内容难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者
2009年6月

目 录

学习情境 1	识读审核施工图纸	1
任务 1.1	认识地基与基础	2
任务 1.2	认识刚性浅基础	3
任务 1.3	认识桩基础	19
任务 1.4	认识沉井及地下连续墙	39
任务 1.5	认识桥梁墩台	45
学习情境 2	原材料试验及混凝土配合比设计	54
任务 2.1	原材料试验	55
任务 2.2	设计混凝土配合比	69
学习情境 3	高程及线形放样	80
任务 3.1	高程放样	81
任务 3.2	线形放样	85
学习情境 4	桥梁基础施工	92
任务 4.1	浅基础施工	93
任务 4.2	桩基础施工	101
任务 4.3	沉井基础施工	113
学习情境 5	墩台施工	119
任务 5.1	混凝土墩台与石砌墩台施工	120
任务 5.2	装配式墩台施工	128
任务 5.3	滑动模板施工	132
学习情境 6	基础、墩台质量检验与评定	137
任务 6.1	扩大基础检测	138
任务 6.2	桩基础检测	156
任务 6.3	墩、台身和盖梁施工检测	186
附录一	浅基础主要施工图纸	195
附录二	桩基础主要施工图纸	211
参考文献	259

识读审核施工图纸



情境导入

桥梁下部结构包括墩、台和基础。墩、台决定着桥跨结构在平面上和高程上的位置,并将荷载传递给基础,基础再将荷载传递给地基。桥台使桥梁与路堤相连接,并承受桥头填土的水平土压力,起着挡土墙的作用。桥墩则将相邻两孔的桥跨连接起来。基础即桥梁(其他建筑物)中与地基接触的那部分构造物。

从其作用来看,基础承受上部结构和墩、台作用的全部荷载,并将其传递、扩散到地基土中。它的强度与稳定性是整个桥梁正常使用和安全稳定的根本保证。桥梁下部结构施工顺序是先基础后墩台,施工前的第一项工作是识读审核施工图纸。



学习目标

【知识目标】 具备识图能力,掌握各种类型基础及墩台的构造和原理,能够看懂桥梁基础及墩台施工图纸,并能审核图纸及工程量是否准确。

【能力目标】 正确审核桥梁基础及墩台施工图纸,准确计算钢筋、混凝土等工程数量。

任务 1.1

认识地基与基础

地基是承受结构作用的土体、岩体。基础是将结构所承受的各种作用传递到地基上的结构组成部分。作为整个桥梁的载体,地基承受基础传来的荷载。为了保证结构物安全和正常使用,地基和基础必须有足够的强度、稳定性;变形也应在容许范围之内。

对于浅基础而言,从地基的层次和位置看,它有持力层和下卧层之分,如图 1-1-1 所示。持力层即直接承受基础作用的地层。下卧层位于持力层以下,处于被压缩或可能被剪损的一定深度内的土层。

结构物是一个整体,上下部结构和地基是共同工作、互相影响的。地基的任何变化都必然引起上下部结构的相应位移,上下部结构的力学特征也必然关系到地基的强度和稳定条件。要保证建筑物的质量,首先必须保证有可靠的地基与基础,否则,整个建筑物就可能遭到损坏或影响正常使用。

从实践来看,建筑工程质量事故往往是地基与基础的失稳、破坏造成的,究其原因也是多方面的。一方面从客观上看,地基和基础属于隐蔽工程,施工条件差,并且一旦出现问题,很难发现,也很难处理、修复;另一方面,地基与基础在地下或水下,往往导致主观上的轻视;再者,地基和基础所占造价比重较大。因此,要求充分重视地基和基础的设计、施工质量,严格执行部颁公路桥涵设计、施工技术规范、标准。

地基可分为天然地基和人工地基。直接修筑基础的天然地层称为天然地基;如天然地层土质过于软弱或有不良的工程地质问题,则需要经过人工加固或处理后才能修筑基础,这种地基称为人工地基。在一般情况下,应尽量采用天然地基。

基础的类型,可按基础的刚度、埋置深度、构造形式及施工方法来分类。目的在于了解各种类型基础的特点,以便在设计时,根据具体情况合理地加以选用。

1. 按基础的刚度分类

按受力后基础的变形情况,分为刚性基础和柔性基础,如图 1-1-2 所示。受力后,不发生挠曲变形的基础称为刚性基础,一般可用抗弯拉强度较差的圬工材料(如浆砌块石、片石混凝土等)做成。这种基础不需要钢材,造价较低,但圬土体积较大,且支承面积受一定限制[图 1-1-2a)]。容许发生较大挠曲变形的基础称为柔性基础或弹性基础,通常须用钢筋混凝土做成。由于钢筋可以承受较大的弯拉应力和剪应力,所以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 1-1-2b)]。在桥梁工程中,一般情况下,多数采用刚性基础。

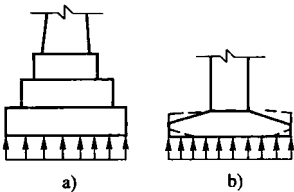


图 1-1-2

a) 刚性基础; b) 柔性基础

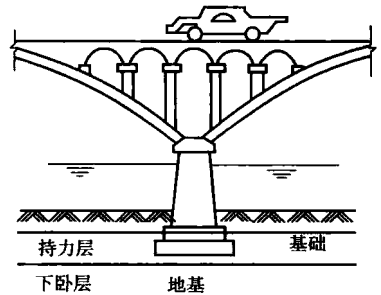


图 1-1-1 地基与基础

2. 按基础的埋置深度分类

按埋置深度分为浅基础(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,是桥梁基础的首选方案。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,因此,现在高等级公路上也普遍应用,常见的形式有沉井、管柱和桩基础。

3. 按基础的构造形式分类

对桥梁基础来说,按构造形式可归纳为实体式和桩柱式两类。当整个基础都由圬工材料筑成时,称为实体式基础,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,如图 1-1-3a) 所示。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 1-1-3b) 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制成。

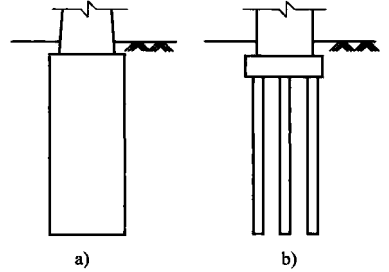


图 1-1-3

a) 实体式基础; b) 桩柱式基础

4. 按基础的施工方法分类

按施工方法可分为明挖法、沉井、沉箱、沉桩、沉管灌注桩、就地钻(挖)孔灌注桩等。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。

5. 按基础的材料分类

目前我国公路构造物基础大多采用混凝土或钢筋混凝土结构,少部分采用钢结构。在石料丰富地区,按照因地制宜、就地取材的原则,也常用砌石基础。只有在特殊情况下(如抢修、林区便桥),才采用临时的木结构。

任务 1.2

认识刚性浅基础

在建筑物的设计和施工中,地基和基础占有很重要的地位,它对建筑物的安全使用和工程造价有着很大的影响,因此,正确选择地基基础的类型十分重要。在选择地基基础类型时,主要考虑两个方面的因素:一是建筑物的性质(包括它的用途、重要性、结构形式、荷载性质和荷载大小等);二是地基的地质情况(包括土层的分布、土的性质和地下水等)。

如果地基内部是良好的土层或者上部有较厚的好土层,能承受基础传来的全部荷载时,一般将基础直接做在天然土层上,这种地基叫做天然地基。在天然地基上,基础的埋置深度 h (无冲刷时从河底或地面至基础底面的距离;有冲刷时从最大冲刷线——包括河床自然演变冲刷、设计洪水位的一般冲刷深度及构造物阻水引起局部冲刷深度至基础底面的距离)小于5m的基础称为浅基础。

浅基础由于埋入土层较浅,在计算中基础的侧面摩擦力不必考虑,施工方法也较简单,故在条件适宜时应是首先考虑采用的基础形式。

1.2.1 刚性浅基础的构造

桥梁墩台的体积一般比较庞大,故其基础常用大块实体基础形式,采用块石或混凝土等圬工材料做成。基础平面形状常为矩形,基础平面尺寸一般均较墩、台底面扩大,每边扩大的尺寸最小为0.2~0.50m,视土质、基础厚度、埋置深度及施工方法而定。当基础底面为满足地基强度要求需要扩大时,则基础将超出墩(台)身外,这样在地基反力 σ 作用下,基础的悬出部分将受挠曲产生拉应力,如图1-2-1a)所示。由于一般基础所用的圬工材料,其抗压强度大,而抗拉强度很小,为防止基础的悬出段因受挠曲开裂破坏,其悬出段长度应控制在一定范围内,这种基础则称为刚性基础。

刚性基础的悬出段长度,通常用压力分布角 α 来控制。 α 角是自墩(台)身底的边缘与基底边缘的连线和竖直线间的夹角,如图1-2-1b)所示,使 $\alpha \leq \alpha_{\max}$,其中 α_{\max} 称为刚性角,刚性角 α_{\max} 与基础圬工材料的强度有关。

根据《桥梁设计常用数据手册》,常用基础材料的刚性角 α_{\max} 值可按下面提供的数据取用:砖、片石、块石、粗料石砌体,当用M5以下砂浆砌筑时 $\alpha_{\max} \leq 30^\circ$;砖、片石、块石、粗料石砌体,当用M5以上砂浆砌筑时 $\alpha_{\max} \leq 35^\circ$;混凝土浇筑时, $\alpha_{\max} \leq 40^\circ \sim 45^\circ$ 。

因此,在设计刚性基础底面尺寸时,凡满足 $\alpha \leq \alpha_{\max}$ 条件,即可认为基础刚度很大,它在荷载作用下的挠曲变形很小,不会受拉开裂破坏,基础本身强度可得到充分保证,可不予验算。若 $\alpha > \alpha_{\max}$ 时,则不是刚性基础,一般称为柔性基础,应验算基础的弯曲拉应力和剪应力强度,并设置必要的钢筋。

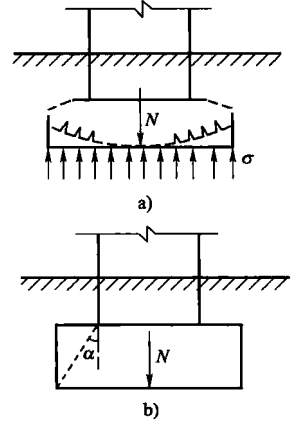


图 1-2-1 基础挠曲变形

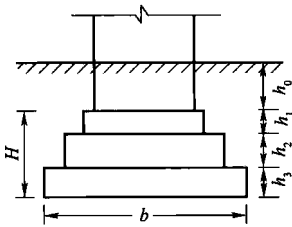


图 1-2-2 台阶扩大基础

当基础较厚时,可在纵横两个剖面上,都砌筑成台阶形,以减少基础自重,节省材料,如图1-2-2所示。

台阶形基础由于可节省材料,施工立模砌筑也比较方便,故采用较多。对于桥梁墩台基础,当基础高度 H 较大时,一般可分为2~3级等高的台阶,每一台阶高度 $h_i = 1 \sim 1.5\text{m}$,小桥有时可减为0.6m;台阶宽度 c_i 通常可取与襟边 c_1 相同,即 $c_i = c_1$ 。襟边 c_1 是指在基础顶面较所支撑的墩台身底面外形轮廓大出一个距离,其作用是考虑到基础施工时工作条件较差,定位尺寸可能有所偏差,留有襟边后可作调整余地;另外也便于墩台施工时作为模板支架的支撑点。因此襟边大小须视施工情况而定,一般可取0.2~1.0m。基础顶面一般置于地面或最大冲刷线以下不小于0.15m,这样有利于保护基础,且防止加大冲刷。

基础尺寸的拟定是基础设计中重要内容之一,拟定尺寸恰当,可以减少重复的计算工作。刚性浅基础的尺寸拟定包括基础的高度、平面尺寸和立面尺寸。

基础高度,一般要考虑墩台身结构形式、荷载大小、基础材料等来确定。具体做法:首先根据基础埋置深度的要求,确定基底高程;再按照水中基础顶面不高于最低水位,在季节性河流或旱地上的墩台基础顶面,不高出地面,则可定出基顶高程。那么,基础顶、底高程之差,即为基础高度 $H = h - h_0$ 。在一般情况下,大、中桥墩、台基础的高度为1.0~2.0m左右。

基础的平面尺寸,应根据墩、台身底面形状而确定。虽然墩、台身底面形状以圆端形居多,但考虑到施工的方便,基础平面仍采用矩形。基础底面长、宽尺寸与基础高度关系如下:

$$\begin{aligned} a &= l + 2H \tan \alpha \leq l + 2H \tan \alpha_{\max} \\ b &= d + 2H \tan \alpha \leq d + 2H \tan \alpha_{\max} \end{aligned} \quad (1-2-1)$$

式中: a ——基础长度(横桥向)(m);

b ——基础宽度(顺桥向)(m);

l ——墩、台身底截面长度(m);

d ——墩、台身底截面宽度(m);

H ——基础高度(m);

α ——墩、台底面边缘至基础底边缘的连线与垂线的夹角;

α_{\max} ——基础材料的刚性角。

基础的立面形式应力求简单,主要考虑既便于施工,又能节省圬工材料,一般做成矩形或台阶形(图 1-2-3)。在确定基础立面尺寸时,只需定出两方面的尺寸:一是确定襟边宽和台阶宽度(两者宜取同宽,即 $c_1 = c_2$),墩、台基础的襟边最小值为 0.2 ~ 0.5m;二是基础台阶厚度 h_i ,当基础较厚时(超过 1m),可将基础做成台阶形,每层台阶厚度通常为 $h_i = 1.0 \sim 1.5\text{m}$,各台阶宜做成等厚。

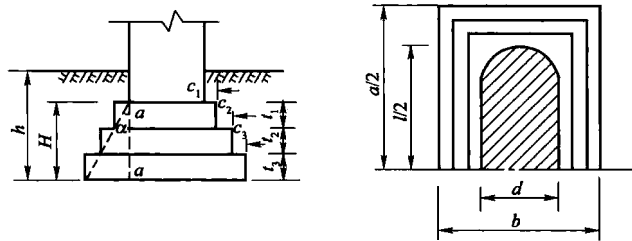


图 1-2-3 扩大基础立面、平面图

1.2.2 识读审核刚性浅基础施工图纸

一、审核基础埋置深度

桥涵墩台基础(不包括桩基础)基底埋置深度应符合下列规定:

- (1) 当墩台基底设置在不冻胀土层中时,基底埋深可不受冻深的限制。
- (2) 上部为外超静定结构的桥涵基础,其地基为冻胀土层时,应将基底埋入冻结线以下不小于 0.25m。
- (3) 当墩台基础设置在季节性冻胀土层中时,基底的最小埋置深度可按下列公式计算:

$$d_{\min} = z_d - h_{\max} \quad (1-2-2)$$

$$z_d = \psi_{zs} \psi_{zw} \psi_{ze} \psi_{zg} \psi_{zi} z_0 \quad (1-2-3)$$

式中: d_{\min} ——基底最小埋置深度(m);

z_d ——设计冻深(m);

z_0 ——标准冻深(m),无实测资料时,可按《公路桥涵地基与基础设计规范》(以下简称《规范》)(JTG D63—2007)采用;

- ψ_{zs} ——土的类别对冻深的影响系数,按表 1-2-1 查取;
 ψ_{zw} ——土的冻胀性对冻深的影响系数,按表 1-2-2 查取;
 ψ_{ze} ——环境对冻深的影响系数,按表 1-2-3 查取;
 ψ_{zg} ——地形坡向对冻深的影响系数,按表 1-2-4 查取;
 ψ_{zf} ——基础对冻深的影响系数,取 $\psi_{zf} = 1.1$;
 h_{max} ——基础底面下容许最大冻层厚度(m),按表 1-2-5 查取。

土的类别对冻深的影响系数 ψ_{zs} 表 1-2-1

土的类别	ψ_{zs}	土的类别	ψ_{zs}
黏性土	1.00	中砂、粗砂、砾砂	1.30
细砂、粉砂、粉土	1.20	碎石土	1.40

土的冻胀性对冻深的影响系数 ψ_{zw} 表 1-2-2

冻胀性	ψ_{zw}	冻胀性	ψ_{zw}
不冻胀	1.00	强冻胀	0.85
弱冻胀	0.95	特强冻胀	0.80
冻胀	0.90	极强冻胀	0.75

环境对冻深的影响系数 ψ_{ze} 表 1-2-3

周围环境	ψ_{ze}	周围环境	ψ_{ze}
村、镇、旷野	1.00	城市市区	0.90
城市近郊	0.95	—	—

注:当城市市区人口为(20~50)万时,按城市近郊取值;当城市市区人口大于50万小于或等于100万时,按城市市区取值;当城市市区人口超过100万时,按城市市区取值,5km以内的郊区应按城市近郊取值。

地形坡向对冻深的影响系数 ψ_{zg} 表 1-2-4

地形坡向	平坦	阳坡	阴坡
ψ_{zg}	1.0	0.9	1.1

不同冻胀土类别在基础底面下容许最大冻层厚度 h_{max} 表 1-2-5

冻胀土类别	弱冻胀	冻胀	强冻胀	特强冻胀	极强冻胀
h_{max}	$0.38 z_0$	$0.28 z_0$	$0.15 z_0$	$0.08 z_0$	0

注: z_0 ——标准冻深(m)。季节性冻胀土分类见《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)附录表 H.0.2。

(4)涵洞基础设置在季节性冻土地基上时,出入口和自两端洞口向内各2~6m范围内(或可采用不小于2m的一段涵节长度)涵身基底的埋置深度可按式(1-2-2)计算确定。涵洞中间部分的基础埋深,可根据地区经验确定。严寒地区,当涵洞中间部分基础的埋深与洞口埋深相差较大时,其连接处应设置过渡段。冻结较深地区,也可采用将基底至冻结线处的地基土换填为粗颗粒土(包括碎石土、砾砂、粗砂、中砂,但其中粉黏粒含量不应大于15%,或粒径小于0.1mm的颗粒不应大于25%)的措施。

(5)涵洞基础,在无冲刷处(岩石地基除外),应设在地面或河床底以下埋深不小于1m处;如有冲刷,基底埋深应在局部冲刷线以下不小于1m;如河床上有铺砌层时,基础底面宜设置在铺砌层顶面以下不小于1m。

(6)非岩石河床桥梁墩台基底埋深安全值,可按表 1-2-6 确定。

基底埋深安全值(m)

表 1-2-6

桥梁类别	总冲刷深度(m)	0	5	10	15	20
	大桥、中桥、小桥(不铺砌)		1.5	2.0	2.5	3.0
特大桥		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0

注:1.总冲刷深度为自河床面算起的河床自然演变冲刷、一般冲刷与局部冲刷深度之和。

2.表列数值为墩台基底埋入总冲刷深度以下的最小值;若对设计流量、水位和原始断面资料无把握或不能获得河床演变准确资料时,其值宜适当加大。

3.若桥位上下游有已建桥梁,应调查已建桥梁的特大洪水冲刷情况,新建桥墩台基础埋置深度不宜小于已建桥梁的冲刷深度且酌加必要的安全值。

(7)岩石河床墩台基底最小埋置深度可参考《公路工程水文勘测设计规范》(JTG C30—2003)附录 C 确定。

(8)位于河槽的桥台,当其最大冲刷深度小于桥墩总冲刷深度时,桥台基底的埋深应与桥墩基底相同;当桥台位于河滩时,对河槽摆动不稳定河流,桥台基底高程应与桥墩基底高程相同;在稳定河流上,桥台基底高程可按照桥台冲刷结果确定。

墩台基础顶面高程宜根据桥位情况、施工难易程度、美观与整体协调综合确定。

二、验算地基与基础

设计桥梁墩台基础时,应考虑在修建和使用期间可能发生的各项作用效应,并对地基进行验算。

当桥台台背填土的高度在 5m 以上时,应考虑台背填土对桥台基底或桩端平面处的附加竖向压应力[参见《规范》(JTG D63—2007)附录 J]。对软土或软弱地基,如相邻墩台的距离小于 5m 时,应考虑邻近墩台对软土或软弱地基所引起的附加竖向压应力。

对于桥台基础,当台背地基土质不良时,应验算桥台与路堤可能一起滑动的稳定性。

1. 地基承载力的确定

(1)地基承载力的验算,应以修正后的地基承载力容许值 $[f_a]$ 控制。该值系在地基原位测试或《规范》(JTG D63—2007)给出的各类岩土承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 的基础上,经修正后而得。

(2)地基承载力容许值应按以下原则确定:

①地基承载力基本容许值应首先考虑由载荷试验或其他原位测试取得,其值不应大于地基极限承载力的 1/2;对中小桥、涵洞,当受现场条件限制,或载荷试验和原位测试确有困难时,也可按照下面第 3 条有关规定采用。

②地基承载力基本容许值尚应根据基底埋深、基础宽度及地基土的类别进行修正。

③其他特殊性岩土地基承载力基本容许值可参照各地区经验或相应的标准确定。

(3)地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 可根据岩土类别、状态及其物理力学特性指标按表 1-2-7 ~ 表 1-2-13 选用。

①一般岩石地基可根据强度等级、节理按表 1-2-7 确定承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 。对于复杂岩层(如溶洞、断层、软弱夹层、易溶岩石、软化岩石等)应按各项因素综合确定。

岩石地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$

表 1-2-7

$[f_{a0}]$ (kPa)	节理发育程度		
	节理不发育	节理发育	节理很发育
坚硬程度			
坚硬岩、较硬岩	> 3 000	3 000 ~ 2 000	2 000 ~ 1 500
较软岩	3 000 ~ 1 500	1 500 ~ 1 000	1 000 ~ 800
软岩	1 200 ~ 1 000	1 000 ~ 800	800 ~ 500
极软岩	500 ~ 400	400 ~ 300	300 ~ 200

②碎石土地基可根据其类别和密实程度按表 1-2-8 确定承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 。

碎石土地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$

表 1-2-8

$[f_{a0}]$ (kPa)	密实程度			
	密实	中密	稍密	松散
土名				
卵石	1 200 ~ 1 000	1 000 ~ 650	650 ~ 500	500 ~ 300
碎石	1 000 ~ 800	800 ~ 550	550 ~ 400	400 ~ 200
圆砾	800 ~ 600	600 ~ 400	400 ~ 300	300 ~ 200
角砾	700 ~ 500	500 ~ 400	400 ~ 300	300 ~ 200

注: 1. 由硬质岩组成, 填充砂土者取高值; 由软质岩组成, 填充黏性土者取低值。

2. 半胶结的碎石土, 可按密实的同类土的 $[f_{a0}]$ 值提高 10% ~ 30%。

3. 松散的碎石土在天然河床中很少遇见, 需特别注意鉴定。

4. 漂石、块石的 $[f_{a0}]$ 值, 可参照卵石、碎石适当提高。

③砂土地基可根据土的密实度和水位情况按表 1-2-9 确定承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 。

砂土地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$

表 1-2-9

土名	$[f_{a0}]$ (kPa)				
	密实度	密实	中密	稍密	松散
	水位情况				
砾砂、粗砂	与湿度无关	550	430	370	200
中砂	与湿度无关	450	370	330	150
细砂	水上	350	270	230	100
	水下	300	210	190	—
粉砂	水上	300	210	190	—
	水下	200	110	90	—

④粉土地基可根据土的天然孔隙比 e 和天然含水率 w (%)按表 1-2-10 确定承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 。

粉土地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$

表 1-2-10

$[f_{a0}]$ (kPa)	w (%)					
	10	15	20	25	30	35
e						
0.5	400	380	355	—	—	—
0.6	300	290	280	270	—	—
0.7	250	235	225	215	205	—
0.8	200	190	180	170	165	—
0.9	160	150	145	140	130	125

⑤老黏性土地基可根据压缩模量 E_s 按表 1-2-11 确定承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 。

老黏性土地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$

表 1-2-11

E_s (MPa)	10	15	20	25	30	35	40
$[f_{a0}]$ (kPa)	380	430	470	510	550	580	620

注:当老黏性土 $E_s < 10\text{MPa}$ 时,承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 按一般黏性土(表 1-2-12)确定。

⑥一般黏性土可根据液性指数 I_L 和天然孔隙比 e 按表 1-2-12 确定地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 。

一般黏性土地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$

表 1-2-12

$[f_{a0}]$ (kPa)	I_L	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
		e												
0.5		450	440	430	420	400	380	350	310	270	240	220	—	—
0.6		420	410	400	380	360	340	310	280	250	220	200	180	—
0.7		400	370	350	330	310	290	270	240	220	190	170	160	150
0.8		380	330	300	280	260	240	230	210	180	160	150	140	130
0.9		320	280	260	240	220	210	190	180	160	140	130	120	100
1.0		250	230	220	210	190	170	160	150	140	120	110	—	—
1.1		—	—	160	150	140	130	120	110	100	90	—	—	—

注:1. 土中含有粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 30% 以上者, $[f_{a0}]$ 可适当提高。

2. 当 $e < 0.5$ 时,取 $e = 0.5$; 当 $I_L < 0$ 时,取 $I_L = 0$ 。此外,超过表列范围的一般黏性土, $[f_{a0}] = 57.22E_s^{0.57}$ 。

⑦新近沉积黏性土地基可根据液性指数 I_L 和天然孔隙比 e 按表 1-2-13 确定承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 。

新近沉积黏性土地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$

表 1-2-13

$[f_{a0}]$ (kPa)	I_L	≤ 0.25	0.75	1.25
		e		
≤ 0.8		140	120	100
0.9		130	110	90
1.0		120	100	80
1.1		110	90	—

(4)修正后的地基承载力容许值 $[f_a]$ 按式 (1-2-4) 确定。当基础位于水中不透水地层上时, $[f_a]$ 按平均常水位至一般冲刷线的水深每米再增大 10kPa。

$$[f_a] = [f_{a0}] + k_1 \gamma_1 (b - 2) + k_2 \gamma_2 (h - 3) \quad (1-2-4)$$

式中: $[f_a]$ ——修正后的地基承载力容许值(kPa);

b ——基础底面的最小边宽(m),当 $b < 2\text{m}$ 时,取 $b = 2\text{m}$;当 $b > 10\text{m}$ 时,取 $b = 10\text{m}$;

h ——基底埋置深度(m),自天然地面起算,有水流冲刷时自一般冲刷线起算;

当 $h < 3\text{m}$ 时,取 $h = 3\text{m}$;当 $h/b > 4$ 时,取 $h = 4b$;

k_1 、 k_2 ——基底宽度、深度修正系数,根据基底持力层土的类型按表 1-2-14 确定;

γ_1 ——基底持力层土的天然重度(kN/m^3),若持力层在水面以下且为透水者,应取浮

重度；

γ_2 ——基底以上土层的加权平均重度(kN/m^3)，换算时若持力层在水面以下，且不透水时，不论基底以上土的透水性质如何，一律取饱和重度；当透水时，水中部分土层则应取浮重度。

地基土承载力宽度、深度修正系数 k_1, k_2

表 1-2-14

土类 系数	黏性土				粉土	砂土						碎石土					
	老黏性土	一般黏性土		新近沉积黏性土	—	粉砂		细砂		中砂		砾砂、粗砂		碎石、圆砾、角砾		卵石	
		$I_L \geq 0.5$	$I_L < 0.5$		—	中密	密实	中密	密实	中密	密实	中密	密实	中密	密实	中密	密实
k_1	0	0	0	0	0	1.0	1.2	1.5	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0
k_2	2.5	1.5	2.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	4.0	5.5	5.0	6.0	5.0	6.0	6.0	10.0

注：1. 对于稍密和松散状态的砂、碎石土， k_1, k_2 值可采用表列中密值的 50%。

2. 强风化和全风化的岩石，可参照所风化成的相应土类取值，其他状态下的岩石不修正。

(5) 软土地基承载力容许值 $[f_a]$ 按下列规定确定：

① 软土地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 应由载荷试验或其他原位测试取得。载荷试验和原位测试确有困难时，对于中小桥、涵洞基底未经处理的软土地基承载力容许值 $[f_a]$ 可采用以下两种方法确定。

a. 根据原状土天然含水率 w ，按表 1-2-15 确定软土地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ ，然后按式 (1-2-5) 计算修正后的地基承载力容许值 $[f_a]$ ：

$$[f_a] = [f_{a0}] + \gamma_2 h \quad (1-2-5)$$

式中， γ_2, h 的意义同式 (1-2-4)。

软土地基承载力基本容许值 $[f_{a0}]$

表 1-2-15

天然含水率 w (%)	36	40	45	50	55	65	75
$[f_{a0}]$ (kPa)	100	90	80	70	60	50	40

b. 根据原状土强度指标确定软土地基承载力容许值 $[f_a]$ ：

$$[f_a] = \frac{5.14}{m} k_p C_u + \gamma_2 h \quad (1-2-6)$$

$$k_p = \left(1 + 0.2 \frac{b}{l}\right) \left(1 - \frac{0.4H}{blC_u}\right) \quad (1-2-7)$$

式中： m ——抗力修正系数，可视软土灵敏度及基础长宽比等因素选用 1.5~2.5；

C_u ——地基土不排水抗剪强度标准值 (kPa)；

k_p ——系数；

H ——由作用 (标准值) 引起的水平力 (kN)；

b ——基础宽度 (m)，有偏心作用时，取 $b - 2e_b$ ；

l ——垂直于 b 边的基础长度 (m)，有偏心作用时，取 $l - 2e_l$ ；

e_b, e_l ——偏心作用在宽度和长度方向的偏心距。

② 经排水固结方法处理的软土地基，其承载力基本容许值 $[f_{a0}]$ 应通过载荷试验或其他原位测试方法确定；经复合地基方法处理的软土地基，其承载力基本容许值应通过载荷试验确