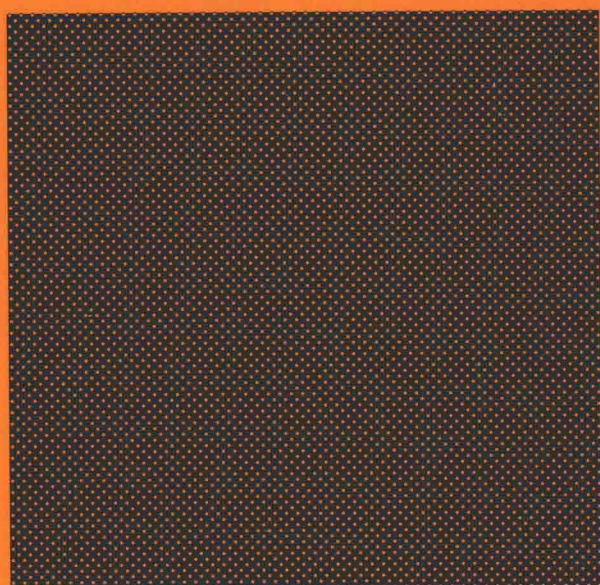


铁路工程设计技术手册

桥梁墩台

TIELU GONGCHENG SHEJI JISHU SHOUC



中国铁道出版社



铁路工程设计技术手册

桥 梁 墩 台

铁道部第四勘测设计院主编

中 国 铁 道 出 版 社

2 0 0 7 年 · 北 京

内 容 简 介

本书是根据现行的有关规范、标准,结合近年来桥梁墩台设计方面成熟的技术和方法,概括编写而成的。在介绍各种类型墩台设计计算方法的同时,书中还列举了大量设计实例,以备参照。全书共分十章,分别介绍了有关规定,以及各种类型的桥台、桥墩的设计计算方法和有关的数据资料等。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁墩台/中铁第四勘察设计院主编. —北京:中国铁道出版社,1997.5(2007.1重印)
(铁路工程设计技术手册)
ISBN 978-7-113-02372-0

I. 桥… II. 中… III. ①铁路桥—桥墩—设计—技术手册②桥台—铁路桥—设计—技术手册 IV. U448.13-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 011853 号

书 名:铁路工程设计技术手册 桥梁墩台
著作责任者:铁道部第四勘测设计院 主编
出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
责任编辑:安鸿逵
封面设计:赵敬宇
印 刷:三河市国英印务有限公司
开 本:787×1092 1/16 印张:21 字数:768千
版 本:1997年5月第1版 2007年1月第4次印刷
印 数:4001—5000册
书 号:ISBN 978-7-113-02372-0/TU·507
定 价:98.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

根据铁道部基技(1987)88号文“关于编写和修订铁路工程设计、施工手册的通知”,依照各种有关的国家标准及铁路有关设计、施工规范,铁道部第四勘测设计院编写了本手册。

本手册以铁路系统的桥梁设计人员为主要服务对象,内容力求准确、简明、实用,俾能达到“资料库”和“数据库”的作用,为提高铁路桥墩台的设计质量,加快设计速度,略尽微力。

全手册共分十章,内容以各种铁路桥梁墩台的设计为主,对墩台施工的主要技术问题,也作了必要的介绍。

本手册由铁道部第四勘测设计院主持编写。主编:刘明华;参编人员有:黄世铨、丁霞云、吴松鹤、李诏林、肖墨芳、张希贤等;审核人员有:方强、张祖恩、黄世铨、黄立源等。

此外,铁道部第二勘测设计院对第六章高墩、铁道部第一勘测设计院对第九章地震区墩台之算例,提供过宝贵的资料和有益的帮助,仅在此表示诚挚的谢意。

限于编者的水平错误和疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

1995年12月

目 录

第一章 墩台设计的一般要求及有关规定

第一节 一般规定	1	1.4.1 混凝土和石砌结构	7
第二节 墩台构造	1	1.4.2 钢筋混凝土	8
1.2.1 墩台顶帽构造	1	第五节 墩台检算	9
1.2.2 墩台托盘构造	1	1.5.1 一般要求	9
1.2.3 墩台身构造	1	1.5.2 截面检算	9
第三节 设计荷载	2	1.5.3 墩台顶弹性水平位移	11
1.3.1 一般要求	2	1.5.4 墩台基底稳定	11
1.3.2 恒载	2	1.5.5 墩台基底容许偏心与应力	11
1.3.3 列车活载	3	第六节 钢筋混凝土构件的计算	12
1.3.4 其他荷载	5	1.6.1 计算原则	12
1.3.5 特殊荷载	6	1.6.2 计算方法	12
第四节 建筑材料及容许应力	7	1.6.3 裂缝宽度的检算	14

第二章 桥 台

第一节 常用桥台类型及构造	16	2.4.1 设计资料	80
2.1.1 U型桥台	16	2.4.2 荷载计算及截面检算	80
2.1.2 T型桥台	17	2.4.3 基础设计	84
2.1.3 耳墙式桥台	18	第五节 耳墙式桥台算例	86
2.1.4 埋式桥台	18	2.5.1 设计资料	86
第二节 桥台计算	19	2.5.2 顶帽及台身尺寸的拟定	86
2.2.1 计算的原则和要求	19	2.5.3 荷载计算(基顶截面)	86
2.2.2 计算荷载	20	2.5.4 截面偏心及应力检算	
第三节 其他类型的桥台	76	(基顶以上截面)	97
2.3.1 锚定板桥台概况	76	2.5.5 基础设计	101
2.3.2 锚定板桥台的结构形式	76	第六节 耳墙设计	107
2.3.3 锚定板桥台的设计与计算	77	2.6.1 基本数据及规定	107
2.3.4 挖方内桥台	78	2.6.2 荷载计算	108
第四节 T型桥台算例	80	2.6.3 耳墙配筋计算	112

第三章 桥 墩

第一节 常用桥墩类型及使用条件	118	3.2.5 墩顶弹性水平位移计算	132
3.1.1 桥墩类型	118	第三节 桥墩设计要点	134
3.1.2 常用桥墩的使用条件	118	3.3.1 实体桥墩的设计计算	134
第二节 桥墩计算	118	3.3.2 双柱式桥墩的设计计算	136
3.2.1 活载布置图式	118	第四节 圆端形桥墩算例	137
3.2.2 墩顶计算数据	119	3.4.1 基本数据	137
3.2.3 墩身斜坡土推力计算	128	3.4.2 荷载计算	138
3.2.4 受斜坡土推力的桥墩设计	132	3.4.3 墩身计算	141

第四章 柔性墩

第一节 概 述	144	4.4.3 温度应力计算	149
第二节 柔性墩桥设计的一般规定	144	4.4.4 顺桥向墩身内力计算算例	151
第三节 柔性墩的型式	145	4.4.5 横桥向计算	153
第四节 计 算	145	4.4.6 整体稳定检算	154
4.4.1 顺桥向墩顶位移计算	146	4.4.7 其他有关计算	154
4.4.2 墩顶垂直力、活载偏心力矩及 顺桥向风力的计算	148	第五节 构造	155

第五章 混凝土及钢筋混凝土装配式桥墩台

第一节 概述	157	5.3.2 荷载计算	171
第二节 杆件装配式桥梁墩台	163	5.3.3 帽梁计算	173
5.2.1 简介	163	5.3.4 横向内力分析	176
5.2.2 杆件装配式桥墩	163	5.3.5 立柱横向弹性位移	178
5.2.3 杆件装配式桥台	166	5.3.6 立柱的纵向计算	180
5.2.4 装配式桥墩台的施工	169	5.3.7 立柱配筋计算及基础杯口和 坑壁加固钢筋	181
第三节 装配式双柱墩算例	170		
5.3.1 设计资料	170		

第六章 高 墩

第一节 概 述	185	6.3.7 高墩的风振	204
第二节 高墩的构造	185	第四节 高墩构造实例	207
6.2.1 高墩的截面形式和墩身的 立面形状	185	6.4.1 直坡式圆形钢筋混凝土空心墩	207
6.2.2 空心墩实体过渡段的设置	186	6.4.2 台阶式圆形钢筋混凝土空心墩	209
6.2.3 空心墩的壁厚与隔板	186	6.4.3 清溪河大桥圆端形空心墩	209
6.2.4 空心墩的通风孔与进人洞	186	6.4.4 混凝土圆形及圆端形空心墩	209
第三节 高墩的计算	187	6.4.5 钢筋混凝土圆形空心墩	212
6.3.1 顶帽的计算	187	6.4.6 欧罗巴大桥矩形钢筋混凝土 空心墩	213
6.3.2 墩身截面应力	187	6.4.7 奥地利扬塔铁路德拉瓦桥单线矩形 三箱钢筋混凝土空心墩	213
6.3.3 空心墩的温度应力	189	附 国内铁路桥梁高桥墩($H \geq 60\text{m}$) 一览表	214
6.3.4 高墩墩顶面弹性水平位移	197		
6.3.5 高墩的稳定性	199		
6.3.6 高墩的振型和频率计算	200		

第七章 斜交桥墩台

第一节 斜交桥墩台的平面布置	217	7.3.1 设计资料	225
7.1.1 单线桥	217	7.3.2 台身截面特性、面积及重心位置	226
7.1.2 双线及多线桥	217	7.3.3 耳墙部分土压力计算	229
7.1.3 斜交桥跨径计算	218	7.3.4 垂直恒载	230
第二节 桥台与路基的连接	218	7.3.5 垂直活载	232
7.2.1 延长桥台身长度、一侧护坡 后移	218	7.3.6 制动力	232
7.2.2 锥体坡脚加设挡墙	219	7.3.7 台后土压力及台前土压力	233
7.2.3 设置斜锥体	219	7.3.8 台背活载土压力	234
7.2.4 斜交桥锥体的解析法	223	7.3.9 耳墙活载土压力	234
第三节 耳墙式斜交桥台算例	225	7.3.10 台身底截面偏心计算	235
		7.3.11 基础底截面偏心计算	235

第八章 复线(多线)桥墩台设计及旧桥改建与加固

第一节 设计	240	8.2.2 恒、活载计算	263
8.1.1 增建第二线桥的概况	240	8.2.3 刚架横向位移	263
8.1.2 增建第二线桥梁对桥位上、下游的 选择及线间距的确定	240	8.2.4 墩顶纵向位移	265
8.1.3 复线(多线)桥梁墩台设计的 一般要求	242	8.2.5 横向刚架立柱内力	266
8.1.4 复线(多线)桥墩台类型及有关设 计要点	243	8.2.6 纵向立柱顶及立柱底内力	267
第二节 双线双柱式桥墩算例	263	8.2.7 立柱设计内力组合	268
8.2.1 设计资料及数据	263	第三节 旧桥改建与加固	268
		8.3.1 旧桥改建与加固的一般原则	268
		8.3.2 旧桥墩台身及基础加固	268

第九章 地震区桥墩台

第一节 墩台抗震设计的一般规定	272	9.2.8 桥台地震作用的计算	276
第二节 墩台地震作用的计算	273	第三节 墩台抗震强度及稳定性验算	278
9.2.1 场地与场地土	273	第四节 抗震措施	280
9.2.2 桥墩地震作用	273	第五节 算 例	282
9.2.3 反应谱曲线	273	9.5.1 用简化方法进行实体圆形桥墩的 抗震计算	282
9.2.4 计算梁式桥桥墩水平地震 作用的计算图式	274	9.5.2 用简化方法进行刚架桥墩的横向 抗震计算	284
9.2.5 柔度系数的计算	275	9.5.3 用简化方法对建于较柔地基上的 低桥墩进行抗震计算	286
9.2.6 水中实体桥墩的动水压力计算	275		
9.2.7 水平地震力计算	276		

第十章 其他墩台

第一节 短跨长旱桥墩台	290	10.1.3 立交旱桥	291
10.1.1 短跨旱桥	290	第二节 V形桥墩	191
10.1.2 短跨旱桥实例	290		

附 录

一、常用钢筋质量、周边长度及截面 面积表	295	六、地震烈度鉴定标准(中国科学院地球 物理研究所)	312
二、常用钢筋标准弯钩及圆弧长度 计算表	296	七、不同岩土的平均剪切波速值	313
三、各种截面受扭时的力学性能表	299	八、梁式桥桥墩自振特性的计算	313
四、各种梁式结构的计算公式	300	九、梁式桥桥墩抗震计算的简化方法	323
五、固定支柱“ ”形刚架弯矩及剪力计算 公式	309	十、液化土的判定方法	326
		十一、液化土力学指标的折减系数	327

第一章 墩台设计的一般要求 及有关规定

第一节 一般规定

一、为满足日益繁忙的铁路运输需要,保证列车长期正常运行不受限制,铁路桥梁墩台均应设计为永久性的。墩台结构在施工、运营过程中,应具有规定的强度、稳定性、刚度和耐久性,位于重要城镇的桥梁墩台,应适当考虑造型美观。

二、墩台的结构尺寸及采用的建筑材料,应考虑地区气温对其耐久性的影响。最冷月份的平均温度在 -5°C 以上者为温和地区, $-5^{\circ}\text{C}\sim-15^{\circ}\text{C}$ 者为寒冷地区, -15°C 以下者为严寒地区。

三、墩台类型的选定,应根据地形、地质、水文、线路、上部结构、施工条件和经济等因素综合考虑。通常可采用刚性实体墩台及空心墩,在条件具备时也可采用轻型墩台和柔性墩。同时应注意:

(一)受船、筏、漂流物撞击、磨损或受冰压力等作用时,不宜采用轻型墩台,在上述外力作用高度以下部分,不宜采用空心墩;

(二)同一座桥内,宜减少墩台类型;

(三)较高的桥墩宜采用滑动模板施工。

第二节 墩台构造

1.2.1 墩台顶帽构造

墩台顶帽一般为矩形或圆端形,上设支承垫石,其尺寸及钢筋的设置应根据梁跨间空隙、墩台身尺寸、施工、架设、养护及电气化设施等要求决定。空心墩的顶帽和轻型墩台帽梁除满足构造要求外,尚应通过结构计算确定。

简支梁梁端空隙应考虑梁及墩台的施工误差、温度变形因素。对钢筋混凝土梁和预应力混凝土梁,当跨度 $L\leq 16\text{m}$ 时,为 60mm ; $L\geq 20\text{m}$ 时,为 100mm ;对钢梁可按计算确定,但不小于 100mm 。曲线上和坡道上还应考虑曲线及坡道布置对空隙的影响;大跨度梁还应考虑预留拱度和荷载(恒载、远期活载、冲击力等)引起梁的伸缩等影响。

顶帽上(无支座者除外)应设置配筋的支承垫石。支承垫石外缘距支座底板的边缘为 $0.15\sim 0.20\text{m}$ 。支承垫石顶面应高出顶帽排水坡的上棱。

顶帽边缘距支承垫石不应小于:

一、顺桥方向

跨度 $L\leq 8\text{m}$ 时为 0.15m ;

跨度 $8\text{m}<L<20\text{m}$ 时为 0.25m ;

跨度 $L\geq 20\text{m}$ 时为 0.40m 。

二、横桥方向

当顶帽为圆弧形时,支承垫石角至顶帽最近边缘的最小距离与顺桥方向相同;

当顶帽为矩形时,支承垫石角至顶帽边缘的最小距离为 0.50m 。

顶帽横桥方向的宽度除满足上述规定外,还应满足下列要求:

跨度 $L\leq 8\text{m}$ 时不小于 4m ;

跨度 $8\text{m}<L<20\text{m}$ 时不小于 5m ;

跨度 $L\geq 20\text{m}$ 时不小于 6m 。

顶帽应采用不低于 200 号的混凝土,其厚度不应小于 0.40m ,一般设置钢筋。

单线、等跨 $L\leq 16\text{m}$ 的钢筋混凝土梁,其实体墩台顶帽有下列情况之一时,可不设置顶帽钢筋。

(一)无支座;

(二)对整体灌筑的混凝土墩台,并不带有托盘的顶帽,在下列地区厚度等于或大于 0.60m ;

1. 最冷月份里平均气温在 $+5^{\circ}\text{C}$ 以上的地区;

2. 雨水极少,且墩台顶帽不会受到冻害影响的地区。

顶帽上应设有不小于 3% 的排水坡(无支座的顶帽可不设),并应设有突出墩台身 $0.10\sim 0.20\text{m}$ 的飞檐。

1.2.2 墩台托盘构造

在满足桥墩台顶帽横向宽度的同时,为了减少墩台身横向尺寸、节省圬工,目前实体桥墩台多采用托盘式顶帽。托盘式顶帽悬出桥墩台身缩颈以外的尺寸,应考虑梁部荷载及架梁时移梁的影响。为保证悬出部分的安全,参照以往设计经验,拟定在顶帽缩颈处横向宽度 B 不宜小于支座下座板外缘的间距 b , α 角不得大于 30° , β 角不得大于 45° ,见图1—1。

1.2.3 墩台身构造

1.2.3.1 实体墩台

片石砌筑实体墩台的高度,不宜大于 20m ,当高度超过 15m 时,应在墩台中部用整齐块石砌一垫层或灌筑一层混凝土,其厚度为 $0.6\sim 1.0\text{m}$ 。

石砌墩台的高度(支承垫石至基顶) $H\leq 6\text{m}$ 时,可用片石镶面, $H>6\text{m}$ 应全部用块石镶面。

有强烈流冰或有大量撞击,磨损圯工的漂流物时,在下列高度范围内,对于石砌者,应用不低于600号的石料或不低于300号的混凝土块镶面;对于整体浇筑混凝土,其标号不应低于300号。

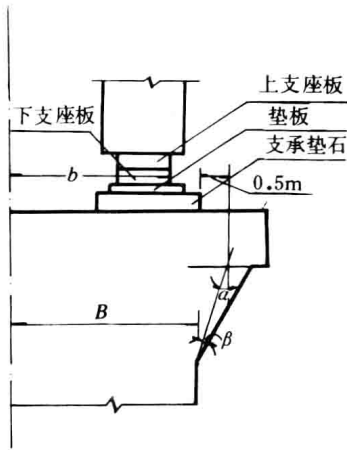


图 1-1 托盘式顶帽图

一、有强烈流冰时,自最低流冰水位的冰层底面以下0.5m至最高流冰水位以上1.0m范围内。

二、有大量撞击、磨损圯工的漂流物时,自河底可能被冲刷处至设计频率水位(尚应考虑壅水、浪高、河湾超高、河床淤积、局部股流涌高等影响)范围内。

1.2.3.2 空心墩

空心墩的顶帽下宜设实体过渡段;实体段与空心墩身以及空心墩身与基础连接处,均应增设补充钢筋或设置牛腿。空心墩的最小壁厚,对于钢筋混凝土的不宜小于0.30m,对于混凝土的不宜小于0.50m。混凝土空心墩宜设置护面钢筋。

空心墩可根据建筑材料、壁厚与内孔尺寸的比率考虑是否设置隔板。

空心墩离地面5m以上部分,应在墩身周围交错设置适量的通风孔,其直径不宜小于0.20m,并应有安全防护设施。通风孔应高出设计频率水位。

空心墩墩顶应设置带门的进人洞,并可设置固定或活动的检查设备。

1.2.3.3 受冰压力影响的圯工墩台

受冰压力影响的圯工墩台应考虑下列要求:

一、在流冰的河流中是否设置破冰棱,应根据流冰的体积、流速等因素确定。破冰棱与桥墩构成一体,但旧桥墩增建的破冰棱不能与桥墩构成整体时,也可在桥墩上游处单独修建破冰棱,但破冰棱与桥墩的间距,应避免增加桥墩的冲刷。

二、具有竖直或接近竖直破冰棱的桥墩,在平面上应为尖端形,顶角圆弧半径不应小于0.30m;倾斜度较大的破冰棱,顶角圆弧半径不受限制,但应在切削棱角处采取埋设角钢等加强措施。

三、破冰棱刃口的顶端应高出最高流冰顶面1.0m,其底端应在最低流冰水位的冰层底面以下0.5m。

四、混凝土及片石混凝土的墩台,自基底至最高流冰顶面以上1.0m处,不宜有施工接缝,如不可避免时,应采取加强措施。

1.2.3.4 其他构造要求

桥台顶可采取台尾或台顶道碴槽两侧设置泄水管排水等方式,并应有良好的排水设施。台顶道碴槽内的排水坡不应小于3%。

墩台应减少施工接缝、截面突变等脆弱截面。在混凝土墩台脆弱截面及施工缝处,应采用安设接头钢筋等加强措施。

第三节 设计荷载

1.3.1 一般要求

桥墩台设计应根据墩台的强度及稳定性等要求按表1-1所列的荷载就其可能的最不利组合情况进行计算。

墩台设计时,仅考虑重力与一个方向(顺桥或横桥方向)的附加力相组合。根据各种结构的不同荷载组合,应将材料基本容许应力和地基容许承载力乘以不同的提高系数。

1.3.2 恒 载

1.3.2.1 一般常用材料容重

一般常用材料容重(kN/m^3)如下:

钢	78.5
铸铁	72.5
铅	114.0
钢筋混凝土(配筋率在3%以内)	25.0

混凝土和片石混凝土	23.0
浆砌粗料石	25.0
浆砌块石	23.0
浆砌片石	22.0
干砌片石	20.0
填土	17.0
填石(利用弃碴)	19.0
碎石道碴(包括线路材料)	20.0
浇注的沥青	15.0
压实的沥青	20.0
不注油的木材	7.5
注油的木材	9.0

1.3.2.2 梁部结构及桥面重

梁部结构自重一般按梁部结构使用材料采用上面所列材料容重计算确定。钢梁的自重除按所用钢材计算外,铆接钢梁铆钉头的自重采用轧制钢材自重的3%,铆焊并用的钢梁,铆钉和焊缝的自重各采

用 1.5%，焊接钢梁焊缝的自重采用 1.5%，栓焊桥梁焊缝的自重采用 1.5%，高强度螺栓按实际数量计算。通常采用的钢筋混凝土梁、预应力混凝土梁及钢梁等标准跨度梁的自重，均可在所采用的标准图上查取。

桥墩台荷载 表 1-1

荷载分类		荷载名称
主	恒	结构自重 预加应力 混凝土收缩和徐变的影响 土压力 静水压力及浮力
	力	列车活载 公路活载(设计铁路公路两用桥时) 离心力 冲击力 列车活载所产生的土压力 人行道荷载
附	加	制动力或牵引力 风 力 列车横向摇摆力 流水压力 冰压力 温度变化的影响 冻胀力
特	殊	船只或排筏撞击力 地震力 施工荷载

- 注：①列车横向摇摆力不与离心力、风力同时计算。
②船只或排筏撞击力不与其它附加力同时计算。
③流水压力不与冰压力同时计算，两者也不与制动力或牵引力同时计算。
④地震力与其它荷载的组合见《铁路工程抗震设计规范》。

桥面的自重由于桥面使用的材料、枕木、道碴槽及人行道宽度的不同而有所变化。单线明桥面的自重一般变化不大，《桥规》规定单线明桥面的计算恒载，无人行道时采用 6kN/m，直线上双侧人行道铺木步行板时为 8kN/m，铺设钢筋混凝土或钢步行板时为 10kN/m。单线道碴桥面钢筋混凝土梁及预应力混凝土梁的桥面自重，据建技〔1992〕46 号文，直线上：木枕采用 38kN/m，预应力混凝土枕采用 39.2kN/m；曲线上：分别采用 46.3kN/m 与 48.1kN/m。

钢筋混凝土中配筋率大于 3% 时，其容重为单位体积中混凝土(扣除所含钢筋体积)自重加钢筋自重。

1.3.2.3 作用于墩台上的土压力

作用于墩台上的土压力可按库伦(楔体极限平衡)理论推导的主动土压力计算。对一般渗水土采用内摩擦角 $\varphi=33^\circ$ ；对一般填石(利用弃碴)采用内摩擦角 $\varphi=40^\circ$ ；填料与墩台表面的外摩擦角 $\delta=\varphi/2$ 。如实际情况与上述有出入时，应以实际资料或通过试验作为计算的根据。若土质分层有变化或水位影响计算参数时，应作分层计算。

在计算滑动稳定时，墩台前侧不受冲刷部分土的侧压力可按静止土压力计算。

对承受土侧压力的构架式、排架式墩台，作用在桩、柱上的土压力计算宽度按下述规定计算(见图 1-2)。

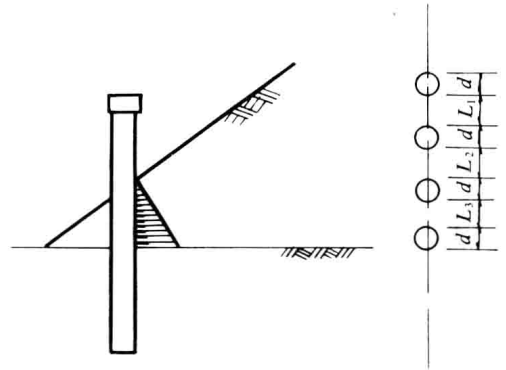


图 1-2 作用于桩柱上的土压力

当 $L_i \leq d$ 时，不考虑桩、柱之间空隙的折减，作用在每一桩、柱上的土压力计算宽度 $b = \frac{(nd + \sum_{i=1}^{n-1} L_i)}{n}$ 。当 $L_i > d$ 时，考虑桩、柱间空隙的折减： $d \leq 1.0\text{m}$ 时，作用在每一桩、柱上的土压力计算宽度 $b = \frac{d(2n-1)}{n}$ ； $d > 1.0\text{m}$ 时，作用在每一桩、柱上的土压力计算宽度 $b = \frac{n(d+1)-1}{n}$ 。

上述公式中， d 为桩、柱直径或宽度； L_i 代表桩、柱间的净距， n 为桩、柱的根数。

1.3.2.4 混凝土收缩和徐变的影响

混凝土收缩的影响，系考虑降低温度的方法来计算，对于整体浇筑的混凝土结构相当于降低温度 20℃；对于整体浇筑的钢筋混凝土结构相当于降低温度 15℃；对于分段浇筑的混凝土或钢筋混凝土结构相当于降低温度 10℃；对于装配式钢筋混凝土结构可酌情降低温度 5℃~10℃。

1.3.2.5 静水压力及浮力

位于碎石类土、砂类土、粘砂土等透水地基上的墩台，当检算稳定性时应考虑设计频率水位的水浮力；计算基底应力或基底偏心时仅考虑常水位(包括地表水或地下水)的水浮力。

检算墩台身截面或检算位于粘土上的基础，以及检算岩石(破碎、裂隙严重者除外)上的基础且基础混凝土与岩石接触良好时，均不考虑水浮力。

位于砂粘土和其他地基上的墩台，不能肯定是否透水时，应分别按透水与不透水两种情况检算基底而取其不利者。

1.3.3 列车活载

1.3.3.1 中—活载

铁路列车竖向活载采用中华人民共和国铁路标

准活载,即“中—活载”。标准活载的计算图式见图 1—3。

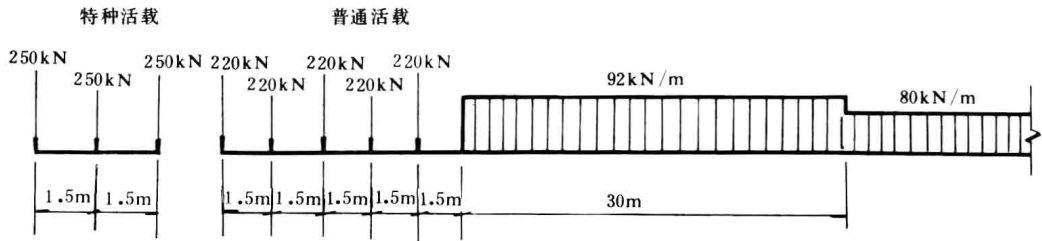


图 1—3 中—活载图式

设计中采用中—活载加载时,标准活载计算图式可任意截取。换算均布活载加载规定见《铁路桥涵设计规范》TBJ—2—85(以下简称《桥规》)附录三。

在墩台结构检算中尚应按所使用的架桥机加以检算。

用空车检算桥梁各部构件时,其竖向活载应采用每米线路 10kN 计算。

1.3.3.2 列车活载所产生的土压力

活载在桥台后破坏棱体上引起的侧向土压力,按活载换算为当量均布土层厚度计算(见《桥规》附录一)。

1.3.3.3 冲击力

竖向活载包括冲击力时,应将静活载所产生的力乘以冲击系数 $(1+\mu)$,其值按下述确定。

一、简支或连续的钢桥跨结构和钢墩台:

$$1+\mu=1+\frac{28}{40+L} \quad (1-1)$$

二、钢与钢筋混凝土板的结合梁:

$$1+\mu=1+\frac{22}{40+L} \quad (1-2)$$

三、钢筋混凝土的、混凝土的、石砌的桥跨结构及刚架桥,其顶上填土厚度 $h \geq 1\text{m}$ (从轨底算起)时不计冲击力。当 $h < 1\text{m}$ 时:

$$1+\mu=1+\alpha\left(\frac{6}{30+L}\right) \quad (1-3)$$

式中 $\alpha=4(1-h) \leq 2$

公式(1—1)~(1—3)中的 L 以 m 计,除承受局部活载杆件为影响线加载长度外,其余均为桥梁跨度。

实体墩台不计活载冲击力。空心墩台顶帽和轻型墩台帽梁的冲击力应按支座冲击力计算。支座冲击系数的计算公式与相应的桥跨结构计算公式相同。

1.3.3.4 离心力

桥在曲线上时,应计算列车离心力对墩台的作用。列车离心力作用于轨顶以上 2m 处。离心力的大小等于竖向静活载乘以离心力率 C , C 值按下式计算,但不大于 15%

$$C=\frac{V^2}{127R} \quad (1-4)$$

式中 V ——设计行车速度,km/h;

R ——曲线半径,m。

1.3.3.5 制动力或牵引力

制动力或牵引力应按竖向静活载的 10% 计算。但当与离心力或冲击力同时计算时,制动力或牵引力应按竖向静活载的 7% 计算。双线桥应采用一线的制动力或牵引力;三线或三线以上的桥应采用两线的制动力或牵引力,按此计算的制动力或牵引力不考虑双线竖向活载进行折减的规定。

桥头填方破坏棱体范围内的活载所产生的制动力或牵引力不予计算。

制动力或牵引力作用在轨顶以上 2m 处。但计算桥墩台时移至支座中心处,计算台顶活载制动力或牵引力时移至轨底,计算刚架结构时移至横杆中心线处,均不计移动作用点所产生的竖向力或力矩。

采用特种活载时,不计算制动力或牵引力。

简支梁传到墩台上的纵向水平力数值应按下列规定计算:

- 一、固定支座为全孔的 100%;
- 二、滑动支座为全孔的 50%;
- 三、滚动支座为全孔的 25%;
- 四、不设支座为全孔的 50%;

五、当采用板式橡胶支座而不分固定与活动支座时,各为全孔的 50%;当分设固定支座与活动支座时,则固定支座为全孔的 100%,活动支座当两支座等厚时为全孔的 50%;当两支座为不等厚时,按支座纵向抗剪刚度分配计算。

在一个桥墩上安设固定支座及活动支座时,应按上述数值相加,但对于不等跨梁,此相加值不得大于其中较大跨的固定支座的纵向水平力;对于等跨梁,不得大于其中一跨的固定支座的纵向水平力。

1.3.3.6 横向摇摆力

列车的横向摇摆力作用在轨顶面处,其值为 5.5 kN/m。一般不考虑空车时的横向摇摆力。

1.3.3.7 多线活载

同时承受多线荷载的桥跨结构和墩台,其竖向活载对主要杆件双线应为两线活载总和的 90%,三线及三线以上应为各线活载总和的 80%;对受局部活载的杆件,则均应为该活载的 100%;各线均假定采用同样情况的最不利活载。

如桥上所有线路不能同时运转时,则应按在桥上可能同时运转的线路计算冲击力、离心力及横向摇摆力;制动力或牵引力按可能同时运转的线数根

据 1.3.3.5 节规定计算。

当铁路公路两用的桥梁墩台,考虑同时承受铁路和公路活载时,铁路活载应按上述有关规定计算,公路活载应按交通部现行的《公路工程技术标准》规定的全部活载的 75% 计算。

1.3.4 其他荷载

1.3.4.1 风力

风荷载应按下列规定计算:

一、作用于桥梁上的风荷载强度按下式计算:

$$W = K_1 K_2 K_3 W_0 \quad (1-5)$$

式中 W ——风荷载强度, Pa;

W_0 ——基本风压(以 Pa 计), $W_0 = \frac{1}{1.6} V^2$, 系按

平坦空旷地面,离地面 20m 高,频率 1/100 的 10min 平均最大风速 V (以 m/s 计)计算确定。一般情况 W_0 可按《桥规》附录四“全国基本风压分布图”,并通过实地调查核实后采用;

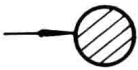
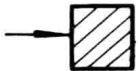
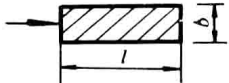
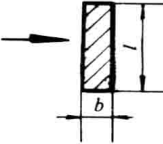
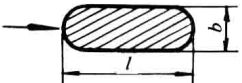
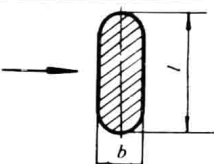
K_1 ——风载体形系数,桥墩见表 1—2,其它构件为 1.3;

K_2 ——风压高度变化系数,见表 1—3,风压随离地面或常水位高度而异,除特殊高墩个别计算外,为简化计算,全桥均取轨顶高度处的风压值;

K_3 ——地形、地理条件系数,见表 1—4。

桥墩风载体型系数 K_1

表 1—2

序号	截面	形状	长宽比值	K_1
1		圆形截面		0.8
2		与风向平行的正方形截面		1.4
3		短边迎风的矩形截面	$l/b \leq 1.5$ $l/b > 1.5$	1.2 0.9
4		长边迎风的矩形截面	$l/b \leq 1.5$ $l/b > 1.5$	1.4 1.3
5		短边迎风的圆端形截面	$l/b \geq 1.5$	0.3
6		长边迎风的圆端形截面	$l/b \leq 1.5$ $l/b > 1.5$	0.8 1.1

风压高度变化系数 K_2

表 1—3

离地面或常水位高度(m)	≤ 20	30	40	50	60	70	80	90	100
K_2	1.00	1.13	1.22	1.30	1.37	1.42	1.47	1.52	1.56

地形、地理条件系数 K_3

表 1—4

地形、地理情况	K_3
一般平坦空旷地区城市、林区盆地和有障碍物挡风时山岭峡谷垭口风口区,湖面和水库特殊风口区	1.0 0.85~0.90 1.15~1.30 按实际调查或观测资料计算

二、横向风力的受风面积按桥跨结构理论轮廓面积乘以下列系数；

钢桁梁及钢塔架	0.4
钢拱两弦间的面积	0.5
钢拱下弦与系杆间的面积	
或上弦与桥面系间的面积	0.2
整片的桥跨结构	1.0

三、列车受风面积按 3m 高的长方带计算,其作用点在轨顶以上 2m 高度处。

四、桥上有车时,风荷载强度采用公式(1-5)W 的 80% 计算,并不大于 1250Pa;桥上无车时按 W 计算。

五、检算桥台时,桥台本身所受的风力不予计算,对于埋式桥台在施工期间孤立状态的风荷载强度、应根据桥梁所处地理位置、地形条件、及施工期间可能产生的风力强度等因素确定;在标准设计中常采用为 500Pa。

六、纵向风力与横向风力的计算方法相同。对于列车、桥面系和各类上承梁所受的纵向风力不予计算;对于下承桁梁和塔架为其所受横向风力的 40%。

七、对于高墩等高耸建筑物,其自振周期较大时,应考虑风振的影响。

八、标准设计的风压强度,有车时 $W = K_1 \cdot K_2 \cdot 800$,并不大于 1250Pa;无车时 $W = K_1 \cdot K_2 \cdot 1400$ 。

1.3.4.2 流水压力

作用于桥墩上的流水压力可按下式计算:

$$P = KA \frac{rv^2}{2g_n} \quad (1-6)$$

式中 P ——压力,kN;

A ——桥墩阻水面积, m^2 ;通常计算至一般冲刷线处;

r ——水的容重,一般采用 $10kN/m^3$;

g_n ——标准自由落体加速度, m/s^2 ;

v ——计算时采用的流速, m/s ;检算稳定性时采用设计频率水位的流速,计算基底应力或基底偏心时采用常水位的流速;

K ——桥墩形状系数,其值如下:

方形桥墩	1.47
矩形桥墩(长边与水流平行)	1.33
圆形桥墩	0.73
尖端形桥墩	0.67
圆端形桥墩	0.60

流水压力的分布假定为倒三角形,其合力的着力点位于水位线以下 $1/3$ 水深处。

1.3.4.3 冰压力

位于有冰凌的河流和水库中的桥墩台,应根据当地冰凌的具体条件及墩台的结构形式,考虑下列有关冰荷载作用:

一、河流流冰产生的动压力;

二、风和水流作用于大面积冰层产生的静压力;

三、冰覆盖层受温度影响膨胀时的静压力(在闭塞空间);

四、冰堆整体推移的静压力;

五、冰层因水位升降产生的竖向作用力。

1.3.4.4 温度变化的影响

桥涵各部构件受温度变化引起的变形或由此引起的影响力,应根据当地情况与建造条件按下列线膨胀系数(温度以 $^{\circ}C$ 计)计算:

钢	0.0000118
钢筋混凝土和混凝土	0.0000100
石砌体	0.0000080

温度变化的幅度,可按桥梁当地气候条件确定。

对于钢桥应考虑最高和最低气温;对于圬工桥,则视构造的式样,尺寸和当地外界气温等条件按《桥规》附录五的“钢筋混凝土、混凝土和砌石矩形截面杆件计算温度图解”确定构件的计算温度,外界气温根据桥梁所在地区参照《桥规》附录六“全国 1 月份的平均气温($^{\circ}C$)图和 7 月份的平均气温($^{\circ}C$)图”确定。

气温变化幅度系从构件合扰时的温度算起。

1.3.4.5 人行道及栏杆的荷载

设计人行道时,竖向静荷载采用:

道碴桥面的人行道,距离梁中心 2.45m 以内
10.0kPa

道碴桥面的人行道,距离梁中心 2.45m 以外
4.0kPa

明桥面的人行道
4.0kPa

人行道板还应按集中荷载 1.5kN 检算。

检算栏杆立柱及扶手时,水平推力应按 0.75 kN/m 考虑。对于立柱,水平推力作用于立柱顶面处。立柱和扶手还应按 1.0kN 集中荷载检算。

1.3.5 特殊荷载

1.3.5.1 船只或排筏的撞击力

墩台承受船只或排筏的撞击力可按下式计算:

$$F = \gamma W' \sin \alpha \sqrt{\frac{W}{C_1 + C_2}} \quad (1-7)$$

式中 F ——撞击力,kN;

γ ——动能折减系数, $s/m^{1/2}$;当船只或排筏斜向撞击墩台(指船只或排筏驶近方向与撞击点处墩台面法线方向不一致)时可采用 0.2,正向撞击(指船只或排筏驶近方向与撞击点处墩台面法线方向一致)时可采用 0.3。

v ——船只或排筏撞击墩台时速度, m/s ,此项速度对于船只采用航运部门提供的数据,对于排筏可采用筏运期的水流速度;

α ——船只或排筏驶近方向与墩台撞击点处切线所成的夹角,应根据具体情况确定,如有困难,可采用 $\alpha = 20^{\circ}$;

W' ——船只或排筏重,kN;

C_1, C_2 ——船只或排筏的弹性变形系数和墩台圬工的弹性变形系数。缺乏资料时假定

$$C_1 + C_2 = 0.0005m/kN。$$

撞击力的作用高度,应根据具体情况确定,缺乏资料时,可采用通航水位的高度。

1.3.5.2 地震力

第四节 建筑材料及容许应力

1.4.1 混凝土和石砌结构

1.4.1.1 一般要求及材料

一、墩台结构中的混凝土、石料及其砌筑用的水泥砂浆(或小石子混凝土)的最低标号和适用范围,应按表 1—5 采用。

混凝土和石砌圬工适用范围 表 1—5

圬工种类	材料最低标号			适用范围
	水泥砂浆	石料	混凝土	
片石砌体	100 号	300 号		墩台身及基础
块石砌体	100 号	300 号		墩台身
混凝土砌体	100 号		150 号	墩台身及基础
混凝土			150 号	墩台身及基础

注:①片石砌体采用小石子混凝土砌筑时,小石子混凝土的最低标号及相应的适用范围与水泥砂浆同。

②整体灌筑的混凝土墩台身及基础截面尺寸较大部位,均可掺片石,片石数量不应超过总体积的 20%,石料标号不应低于片石砌体相应部位规定的最低石料标号。

二、石砌体中的石料,应为不易风化的。对于浸水和潮湿地区的石砌体主体工程石料,软化系数应不低于 0.8。在寒冷或严寒地区采用石砌体时,除气候干旱不受冰冻影响者外,主体工程所用石料应符合抗冻试验的要求。

对严寒地区,采用整体灌筑混凝土或混凝土块砌体的墩台,其混凝土标号不应低于 200 号。

三、经常受侵蚀性环境水作用的结构物,其砂浆或混凝土均应采用具有抗侵蚀性能的集料和特种水泥配制,必要时应采取防护措施。

四、混凝土和混凝土块的标号可采用 600、550、500、450、400、350、300、250、200 和 150 号。

石料的标号为三个边长 0.2m 立方体试块,在饱和湿度条件下的平均极限抗压强度,按表 1—6 确定。水泥砂浆的标号为根据标准方法制作的三块边长 0.07m 的立方体试块,在标准养护条件下 28d 龄期的平均抗压极限强度,按表 1—7 确定。

石料的标号及其抗压极限

强度(MPa) 表 1—6

石料标号	400	300	200
抗压极限强度	40	30	20

地震力为特殊荷载,规定不与其他附加力同时计算。地震力的计算方法,详见《铁路工程抗震规范》及本手册第九章。

水泥砂浆的标号及其抗压极限

强度(MPa) 表 1—7

水泥砂浆标号	200	100	50
抗压极限强度	20	10	5

1.4.1.2 容许应力

一、混凝土块和石砌体的中心及偏心受压容许应力应按表 1—8 采用。

混凝土块和石砌体中心及偏心

受压容许应力(MPa) 表 1—8

圬工种类	石料和混凝土块标号	水泥砂浆或小石子混凝土标号		
		200	100	50
片石砌体	700	3.0	2.2	1.7
	500	2.5	1.9	1.4
	300	2.0	1.5	1.0
块石砌体	700	5.6	4.9	
	500	4.3	3.7	
	300	3.0	2.5	
小石子混凝土砌片石砌体	700	4.1	3.2	2.3
	500	3.0	2.3	1.6
	300	2.3	1.8	1.3
混凝土块砌体	300	5.4	4.5	
	250	4.8	4.0	
	200	4.1	3.4	
	150		2.7	

注:①介于表列石料或砂浆的标号之间的其他砌体的受压容许应力可用内插确定。

②当混凝土块厚度 h 超过 0.2m 时,应乘以下列提高系数:

$$h \leq 0.40m \quad C = 0.6 + 2.0h$$

$$h > 0.40m \quad C = 1.2 + 0.5h \leq 1.7$$

二、混凝土的容许应力,应按表 1—9 采用。

混凝土的容许应力(MPa)

表 1—9

应力种类	符号	混凝土标号				
		300	250	200	150	100
中心受压	$[\sigma_a]$	8.5	7.0	5.5	4.0	2.0
弯曲受压及偏心受压	$[\sigma_w]$	10.5	9.0	7.0	5.5	3.5
弯曲拉应力	$[\sigma_{wt}]$	0.53	0.48	0.40	0.33	0.25
纯剪应力	$[\tau_c]$	1.05	0.95	0.80	0.65	0.50
局部承压应力	$[\sigma_{a2}]$	$6.0 \sqrt{\frac{A}{A_c}}$	$5.0 \sqrt{\frac{A}{A_c}}$	$4.0 \sqrt{\frac{A}{A_c}}$	$3.0 \sqrt{\frac{A}{A_c}}$	$2.0 \sqrt{\frac{A}{A_c}}$

注：①片石混凝土的容许压应力与混凝土同。

②表中 A ——计算底面积， A_c ——局部承压面积，按图 1—4 计算，但该部分混凝土厚度应大于底面积 A 的短边尺寸。

$$\beta = \sqrt{\frac{A}{A_c}}$$

β 在 (a)、(b)、(c)、(d) 情况下不大于 3，在 (e) 情况下不大于 1.5。

三、各种荷载组合作用下，表 1—8 及表 1—9 的各项容许应力，除纯剪应力外，可乘以下列系数：

- 主力 1.0
- 主力+附加力 1.3
- 主力+施工荷载 1.4
- 主力+船只或排筏撞击力 1.4

四、石砌体的弹性模量应采用 $E=12\text{GPa}$ 。混凝土及片石混凝土的弹性模量应按表 1—11 采用。

1.4.2 钢筋混凝土

1.4.2.1 一般要求及材料

一、混凝土的极限强度应按表 1—10 采用。

二、混凝土的受压弹性模量按表 1—11 采用。混凝土的受剪弹性模量应按表 1—11 数值的 0.43 倍采用。

三、钢筋可采用 A3、A5 及 T 20MnSi 钢筋，其技术条件必须符合现行的国际《钢筋混凝土用钢筋》的规定。

钢筋的弹性模量 E_s 应采用 210GPa。

1.4.2.2 容许应力

一、混凝土的容许应力应按表 1—12 采用。

二、钢筋的容许应力按表 1—13 采用。

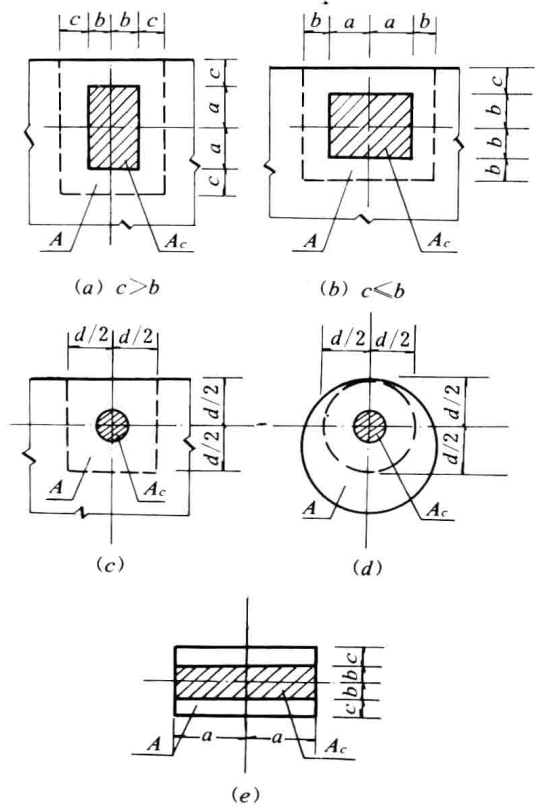


图 1—4 计算底面积 A 示意图

a ——矩形局部承压面积 A_c 长边的一半；

b —— A_c 短边的一半；

c —— A_c 的外边缘至构件边缘的最小距离；

$d/2$ ——圆形局部承压面积 A_c 的圆心至构件边缘的最小距离。

混凝土的极限强度(MPa)

表 1—10

强度种类	符号	混凝土标号									
		600	550	500	450	400	350	300	250	200	150
抗压(棱柱体强度)	R_a	42	38.5	35	31.5	28	24.5	21	17.5	14	10.5
抗拉	R_t	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.1	1.9	1.6	1.3

混凝土的受压弹性模量(GPa)

表 1—11

混凝土标号	600	550	500	450	400	350	300	250	200	150
弹性模量 E_h	36	35.5	35	34	33	32	31	29	27	24

混凝土的容许应力(MPa)

表 1—12

序号	应力种类	符号	混凝土标号									
			600	550	500	450	400	350	300	250	200	150
1	中心受压	$[\sigma_n]$	17	15.4	14	12.6	11	9.8	8.5	7.0	5.5	4.0
2	弯曲受压及偏心受压	$[\sigma_m]$	21	19.3	17.5	15.8	14	12.3	10.5	9.0	7.0	5.5
3	有箍筋及斜筋的主拉应力	$[\sigma_{ge-1}]$	3.05	2.88	2.7	2.52	2.35	2.12	1.9	1.7	1.45	1.2
4	无箍筋及斜筋的主拉应力	$[\sigma_{ge-2}]$	1.13	1.06	1.0	0.93	0.87	0.78	0.7	0.63	0.53	0.43
5	梁部分长度中全由混凝土承受的主拉应力	$[\sigma_{ge-3}]$	0.57	0.53	0.5	0.46	0.43	0.39	0.35	0.32	0.27	0.22
6	纯剪应力	$[\tau_c]$	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.17	1.05	0.95	0.8	0.65
7	光钢筋与混凝土之间的粘结力	$[C]$	1.42	1.33	1.25	1.16	1.08	0.98	0.88	0.79	0.67	0.54
8	局部承压应力 A—计算底面积 Ac—局部承压面积	$[\sigma_a-1]$	$17\sqrt{\frac{A}{Ac}}$	$15.4\sqrt{\frac{A}{Ac}}$	$14\sqrt{\frac{A}{Ac}}$	$12.6\sqrt{\frac{A}{Ac}}$	$11\sqrt{\frac{A}{Ac}}$	$9.8\sqrt{\frac{A}{Ac}}$	$8.5\sqrt{\frac{A}{Ac}}$	$7.0\sqrt{\frac{A}{Ac}}$	$5.5\sqrt{\frac{A}{Ac}}$	$4.0\sqrt{\frac{A}{Ac}}$

注:①计算主力加附加力时,第 1、2 及 8 项容许应力可提高 30%。

②对厂制及工艺符合厂制条件的构件,第 1、2 及 8 项容许应力可提高 10%。

③当采用架桥机架梁时,第 1、2 及 8 项容许应力在主力加附加力的基础上可再提高 10%

④螺纹钢与混凝土之间的粘结力按表列第 7 项数值的 1.5 倍采用。

⑤第 8 项中的计算底面积 A 按图 1—4 计算,但该部分混凝土厚度应大于底面积 A 的短边尺寸。

钢筋的容许应力(MPa)

表 1—13

钢筋种类	符号	容许应力		钢筋种类	符号	容许应力	
		主力	主力加附加力			主力	主力加附加力
A3 钢筋	$[\sigma_g]$	130	160	A5 钢筋	$[\sigma_g]$	150	190
T 20MnSi 钢筋	$[\sigma_g]$	180	230				

注:①T 20MnSi 钢筋如有焊接接头,当钢筋的最小应力与最大应力之比 $\rho < 0.6$ 时,应进行纵向加工。

②禁止使用经高压穿水处理过的 T 20MnSi 钢筋。

③当采用架桥机架梁时,钢筋的容许应力在主力加附加力的基础上可再提高 10%。

第五节 墩 台 检 算

1.5.1 一般要求

通常,墩台身应检算强度、纵向弯曲稳定、墩台顶弹性水平位移,基底应检算压应力和合力偏心、基底倾覆和滑动稳定等。

实体墩台,尚应检算墩台身的合力偏心。高墩、空心墩及其他钢筋混凝土轻型墩台,还应考虑局部稳定、抗裂性、振动、温差及混凝土收缩等影响。

混凝土空心墩尚应检算墩身截面拉应力,并不

得超过表 1—9 的容许值。

钢筋混凝土墩台和钢塔架不考虑截面合力偏心的要求。

1.5.2 截面检算

1.5.2.1 偏心

在各种荷载组合作用下,混凝土和石砌桥墩台身截面上合力偏心距 e 不应超过下列规定(图 1—5):

主力 $e \leq 0.5S$

- 主力+附加力 圆形截面 $e \leq 0.5S$
- 主力+附加力 其他形状截面 $e \leq 0.6S$
- 主力+施工荷载 $e \leq 0.7S$
- 主力+船只或排筏撞击力 $e \leq 0.7S$

其中, S 系沿截面重心与合力作用点的连线上量取, 自截面重心至该连线与截面外包轮廓线的交点距离。

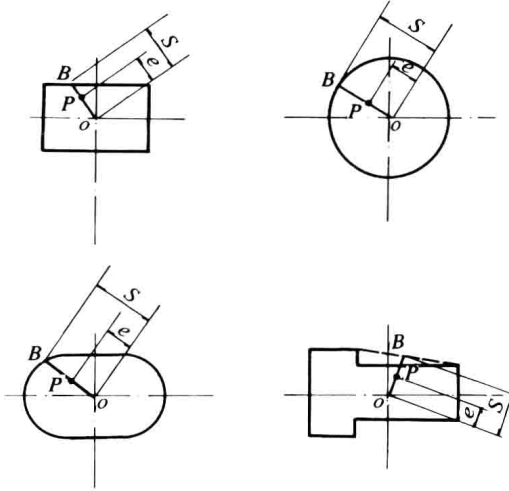


图 1—5 截面上合力偏心距示意图

o —截面重心; P —合力作用点; B — OP 连线与截面外包轮廓线的交点。

1.5.2.2 整体纵向稳定

中心受压及偏心受压构件的整体纵向稳定性按下式检算:

$$KN < N_{cr} \quad (1-8)$$

式中 N ——作用于构件顶面处的轴向压力, MN;
 K ——安全系数。对于整体灌注的混凝土墩台, 主力时 $K=2.0$, 主力加附加力时 $K=1.6$; 对于片石砌体, 主力时 $K=3.0$; 主力加附加力时 $K=2.5$; 对于块石砌体, 主力时 $K=2.7$, 主力加附加力时 $K=2.2$; 对于混凝土块砌体或粗料石砌体, 主力时 $K=2.5$, 主力加附加力时 $K=2.0$;

N_{cr} ——墩台顺截面回转半径较小方向弯曲(屈曲)临界荷载, MN,

$$N_{cr} = \alpha \frac{AmE_0I_d}{l_0^2} \left(\frac{1}{1 + \alpha \frac{AmE_0I_d}{l_0^2} \cdot \frac{1}{1.1R_aA_0}} \right) \quad (1-9)$$

其中, E_0 为圬工的初始弹性模量, 对于整体灌注的混凝土墩台按表 1—11 采用, 对于混凝土块砌体或石砌体, $E_0 \approx 900R_a$; R_a 为砌体的抗压极限强度, MPa, 按 $R_a = K[\sigma_a]$ 求算, 这里 $[\sigma_a]$ 为混凝土块砌体或石砌体的中心及偏心受压容许应力, MPa, 按表 1—8 确定; K 为安全系数, 见上面所列。 I_d 为桥墩底截面绕垂直弯曲方向重心轴的全截面惯性矩, m^4 ; A_0 为墩台平均截面的全面积, m^2 , 对于

一般上面小、下面大的实体桥墩, A_0 为整个墩身平均截面的全面积; l_0 为整个桥墩的计算长度, 按表 1—19 的“注”采用; α 为刚度修正系数, 近似按公式(1—30)求算, 该公式中的 e_0 为顺弯曲方向轴向压力 N 对桥墩平均截面重心的偏心距, 对于一般上面小、下面大的实体桥墩, e_0 为顺弯曲方向 N 对墩身平均截面重心的偏心距, m; h 为该截面顺弯曲方向的长度, m; m 为变截面影响系数, 按表 1—14 确定; I_d 与前述相同; I_0 为桥墩顶截面绕垂直弯曲方向重心轴的惯性矩, m^4 。

表 1—14 m 值

I_0/I_d	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
m	1.20	1.51	1.71	1.87	2.00
I_0/I_d	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
m	2.12	2.22	2.31	2.39	$\pi^2/4$

1.5.2.3 应力

墩台身的截面应力按下式检算:

$$\sigma = \frac{N+G}{A} \pm \frac{M_y \eta_x x}{I_y} \pm \frac{M_x \eta_y y}{I_x} \leq [\sigma_a] \quad (1-10)$$

式中 σ ——墩台任一检算截面上的压应力, MPa;
 N ——作用于墩台顶面处的轴向压力, MN;
 G ——检算截面以上顺轴向的墩台自重, MN;
 A ——检算截面的全面积, m^2 ;
 $[\sigma_a]$ ——墩台的容许压应力, MPa;
 M_x, M_y ——检算截面上对重心轴 x 和 y 的弯矩, MN·m;
 I_x, I_y ——检算截面绕重心轴 x 和 y 的全截面惯性矩, m^4 ;
 x, y ——检算截面上最大应力点或最小应力点的坐标, m;
 $\eta_x \cdot \eta_y$ ——检算截面上弯矩 M_y 和 M_x 的增大系数:

$$\eta_x \approx 1 + \frac{\left(\frac{1}{1 - \frac{KN}{N_{crx}} \cdot B_x} - 1 \right) u'}{\frac{l_0}{2}} \quad (1-11)$$

$$\eta_y \approx 1 + \frac{\left(\frac{1}{1 - \frac{KN}{N_{cry}} \cdot B_y} - 1 \right) u'}{\frac{l_0}{2}} \quad (1-12)$$

系数

$$B_x = \frac{1.1R_aA_0 - N_{crx}}{1.1R_aA_0 - KN}$$

$$B_y = \frac{1.1R_aA_0 - N_{cry}}{1.1R_aA_0 - KN}$$

这里 K 为安全系数, 按 1.5.2.2 条表 1—14 所列值采用。对于上端自由、下端固结的构件 $\mu' = \mu$; 对于上、下端均为铰结的构件, 当 $\mu \leq \frac{l_0}{2}$ 时, $\mu' = \mu$, 当 $\mu \geq \frac{l_0}{2}$ 时, $\mu' = l_0 - \mu$, 其中 μ 为构