

铁路工程设计技术手册

混 凝 土 桥

铁道部专业设计院 编

中 国 铁 道 出 版 社

1998年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书是铁路桥涵设计手册之一,由铁道部专业设计院编写。内容包括钢筋混凝土梁、预应力混凝土梁、部分预应力混凝土梁、刚架的设计资料和设计步骤、计算公式,以及混凝土梁的支座设计、梁的运输和架设检算、现行标准设计图纸的主要参数等。

本书可供铁路工程技术人员以及大专院校师生使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路工程设计技术手册:混凝土桥/铁道部专业设计院编 .- 2版 .
- 北京:中国铁道出版社,1997

ISBN 7-113-02661-3

. 铁... . 铁... . 铁路工程-设计-技术手册 铁路桥:钢筋
混凝土桥-设计-技术手册:钢筋混凝土桥:铁路桥-设计-技术手册

.U 2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 10096 号

铁路工程设计技术手册

混 凝 土 桥

铁道部专业设计院 编

*

中国铁道出版社出版发行

(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:558 千

1981 年 4 月 第 1 版

1998 年 2 月 第 2 版 第 2 次印刷

印数: 4501—5500 册

ISBN 7-113-02661-3/TU · 546 定价:68.00 元

前 言

为了适应铁路建设的飞跃发展,不断积累经验,贯彻、执行现行的桥涵设计规范,桥梁设计手册的内容也需不断更新。本手册是结合《铁路桥涵设计规范》(TBJ2—85)中第五章和第六章的规定编写的,所以本手册是该桥规第五、六两章的具体实施、补充和说明;同时也是1981年《铁路工程设计技术手册·混凝土桥》的修订、补充和更新。

本手册共分八章和三个附录。与1981年《铁路工程设计技术手册·混凝土桥》相比,全手册采用了法定计量单位,增加了部分预应力混凝土简支梁设计计算一章。另外材料中取消了A5和16Mn钢种,补充了20MnSi优质钢种。

在第二章桥面板和人行道中,按《铁路桥涵设计规范》及铁道部建设司建技〔1990〕7号“关于印发道碴桥面桥梁人行道、避车台及电缆过桥问题研讨会纪要”的通知,桥梁人行道不考虑由于养路机械化而需要加宽的因素。因此,本手册按标准设计中对于直线上桥在计算恒载时,人行道宽度均按1.05m计;对于曲线上桥在计算恒载时,人行道宽度均按1.55m计。

钢筋混凝土压杆和刚架一章中,增加了等截面固结单层双跨及单层三跨的计算系数及计算公式。预应力混凝土简支梁一章中,增加了这几年来新发展的张拉体系,修改了预应力损失计算。支座部分增加了橡胶支座设计计算。补充了各类架桥机吊梁通过各种梁跨(标准图)时的允许轴重和允许拨道量。附录中补充了近几年来新增加的标准设计图纸资料。

本手册由高级工程师徐雪主编并编写了第一、五章及附录;高级工程师谢先传、王振华、望树岑、邹鸿仁分别编写了第二章,第三、七章,第四章,第六章,孙金更工程师第八章。

希望广大读者对本手册多提宝贵意见,以便修订时提高质量。

目 录

第一章 一般资料	(1)	第一节 轴心受压杆件	(50)
第一节 材料及容许应力	(1)	一、基本要求	(50)
一、混凝土	(1)	二、强度计算	(50)
二、钢筋	(3)	第二节 偏压杆件	(51)
第二节 简支(直线)梁活载弯矩 及活载剪力	(4)	一、正应力检算	(51)
一、活载最大弯矩及最大剪力	(4)	二、混凝土剪应力及主拉应力计算	(53)
二、相应于活载最大弯矩的活载剪力	(5)	第三节 刚架	(58)
三、相应于活载最大剪力的活载弯矩	(5)	一、概 述	(58)
第三节 两片式简支曲线上梁活载 偏载系数	(11)	二、设计顺序	(58)
一、计算公式	(11)	三、刚架结构形式的选定	(58)
二、内外梁偏载系数	(13)	四、断面形式与尺寸	(61)
第四节 简支梁恒载弯矩及剪力	(15)	五、活载及荷载组合	(62)
第二章 桥面板和人行道	(26)	六、结构内力分析	(62)
第一节 桥面板尺寸的拟定	(26)	七、钢筋混凝土刚架的构件设计	(64)
一、桥面板的宽度	(26)	八、构 造	(66)
二、桥面板的厚度	(26)	九、施 工	(66)
第二节 桥面板荷载计算	(27)	第四节 刚架内力计算公式	(66)
一、活 载	(27)	第五章 预应力混凝土简支梁	(93)
二、恒 载	(27)	第一节 概 述	(93)
三、荷载组合	(28)	第二节 预应力混凝土梁的计算原则	(93)
第三节 桥面板设计	(30)	一、应力状态	(93)
一、内力计算	(30)	二、计算步骤	(93)
二、应力计算	(30)	三、容许应力及安全系数	(95)
三、配筋要求	(31)	第三节 梁体截面尺寸的选定	(95)
第四节 人行道构造和设计	(32)	一、截面型式	(95)
一、人行道宽度	(32)	二、梁高的选择	(95)
二、人行道板	(32)	三、上、下翼缘尺寸的拟定	(95)
三、人行道支架	(33)	四、腹板的尺寸	(96)
第三章 钢筋混凝土简支梁	(36)	五、梁端部尺寸	(96)
第一节 梁体设计与计算	(36)	六、梁梗中心距	(96)
一、截面形式的选择	(36)	七、横隔板的尺寸	(96)
二、截面各部分尺寸的拟定	(37)	第四节 正截面强度计算	(97)
三、设计与计算	(38)	第五节 预应力钢筋的布置	(100)
四、倾覆稳定性计算	(44)	一、后张法预应力混凝土梁	(100)
第二节 钢筋构造细节	(44)	二、先张法预应力混凝土梁	(107)
一、钢筋配置的基本要求	(44)	第六节 截面特性计算	(110)
二、主钢筋细节尺寸计算用表	(46)	第七节 预应力钢筋预应力计算	(111)
第四章 钢筋混凝土压杆和刚架	(50)	一、锚下控制应力的选定	(111)
		二、预应力筋的预应力损失计算	(112)
		三、各阶段应力损失与预应力筋	

预应力值	(115)	三、盒式橡胶支座	(137)
第八节 各阶段正截面应力分析	(115)	第三节 支座设计的基本资料	(139)
一、预加应力阶段应力分析	(115)	一、荷载及梁端变形的种类及其计算 ...	(139)
二、预加应力阶段强度检算	(116)	二、荷载组合	(141)
三、运营阶段应力分析	(118)	三、荷载图式	(141)
四、抗裂性计算	(119)	四、检算项目	(141)
第九节 剪应力及主应力检算	(120)	五、容许应力	(141)
一、运营荷载下的剪应力检算	(120)	第四节 支座的计算	(142)
二、裂缝荷载下的主应力检算	(120)	一、弧形支座的设计和计算	(142)
三、运营荷载下的主拉应力计算及		二、平板支座的设计和计算	(143)
箍筋计算	(121)	三、摇轴支座的设计和计算	(143)
第十节 挠度及上拱度计算	(121)	四、板式橡胶支座的设计和计算	(144)
一、梁自重产生的挠度	(121)	五、盆式橡胶支座的设计和计算	(145)
二、由道碴线路设备产生的挠度	(122)	第五节 支座的抗震检算	(147)
三、由静活载产生的挠度	(122)	第六节 支座的安装要求	(147)
四、张拉时的上拱度	(122)	第八章 梁的运输和架设	(149)
第十一节 锚下混凝土抗裂性和局		第一节 运输厂制梁的有关规定	(149)
部承压强度检算	(122)	第二节 有关运梁的检算	(155)
一、抗裂性检算	(122)	一、装载限界的计算	(155)
二、局部承压强度检算	(122)	二、装车后合成重心高度计算	(160)
第六章 部分预应力混凝土简支梁	(123)	三、运梁时应力检算	(164)
第一节 概 述	(123)	第三节 架桥机类型及其技术性能	(167)
第二节 预应力度	(123)	一、悬臂式架桥机	(167)
第三节 部分预应力混凝土梁的分类	(124)	二、单梁式架桥机	(170)
第四节 部分预应力混凝土梁设		三、双梁式架桥机性能	(171)
计的一般规定	(125)	第四节 架梁检算	(173)
一、荷载	(125)	一、吊装容许悬出长度	(173)
二、材料	(125)	二、架桥机轴重计算	(173)
三、安全系数及容许应力	(125)	三、容许通过轴重计算	(180)
第五节 部分预应力混凝土梁的设计	(125)	四、允许拨道量计算	(193)
一、初步设计	(125)	附录一 端块应力计算	(198)
二、设计计算	(128)	(一) 端块应力计算公式	(198)
第六节 混凝土收缩、徐变引起的		(二) 水平截面上的内力计算	(201)
预应力损失计算	(130)	(三) 配筋计算和构造要求	(202)
第七节 消压后开裂截面的应力计算	(131)	(四) 关于 $\int_0^y S_y d$ 的计算问题	(204)
第八节 裂缝计算	(133)	附录二 预应力混凝土梁斜截面强度	
第九节 变形计算	(134)	检算	(207)
第七章 混凝土桥支座	(135)	(一) 抗弯强度检算	(207)
第一节 基本要求及分类	(135)	(二) 抗剪强度检算	(209)
第二节 支座材料	(137)	附录三 钢筋混凝土梁、预应力梁标准	
一、铸钢支座	(137)	设计主要尺寸及工程数量表	(220)
二、板式橡胶支座	(137)		

第一章 一般资料

钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥跨的设计和计算,必须从保证强度、刚度和耐久性三方面的要求出发,全面考虑其截面和配筋形式。

所谓强度,即是结构物的承载能力,它包括静力和动力两部分。前者是指结构物在整个使用期间承受可能偶尔出现的最大荷载的能力;后者是指该期间内承受多次重复出现(200万次以上)的正常荷载的能力(通称疲劳强度或耐劳强度)。从广义上说,结构物丧失强度即丧失了其继续使用的可能。它或由于材料遭到破坏(如混凝土被压碎,钢筋被拉断等等),或由于产生过大的不能恢复的残余变形。

刚度是指结构物对变形的抵抗能力,通常以竖向变形——挠度作为衡量的标志,对某些结构物,尚需考虑其横向变形。梁式桥跨的横向变形,通常以水平自由振动周期来衡量。

耐久性是指结构物在整个使用期间抵抗大气腐蚀的能力。它是以裂缝开展度(钢筋混凝土结构)或

抗裂性(预应力混凝土结构)作为衡量的标志。

此外,对于某些情况,尚需考虑结构物的稳定性。所谓稳定性是指结构物保持静止平衡的能力,它又分状态稳定与形状稳定两类。前者指结构物在整个使用期间不产生刚体运动(如倾倒、滑移等)。后者指结构物的形状不产生无休止的变化(例如压杆的屈曲)薄板的屈曲,以及梁的横向屈曲等)。

现行桥规对钢筋混凝土和预应力混凝土结构的计算原则的规定有所不同。在强度计算方面,前者采用容许应力设计法;后者则根据荷载状态区别对待,例如对于静力强度采用统一安全系数设计法,而对于疲劳强度和运输、安装阶段的应力检算则用容许应力设计法。在刚度计算方面,两者原则一致。对于耐久性,预应力混凝土结构在检算抗裂性时,考虑了受拉区混凝土的塑性,形式上仍然是弹性状态的计算。

第一节 材料及容许应力

钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥跨所采用的基本材料是混凝土和钢筋。

一、混凝土

混凝土的材料性能以标号分级。标号是指按标准方法制作、养护的边长为20cm的立方体试块,在28天龄期用标准试验方法所得的抗压极限强度(MPa)。

一般采用的标号为600、550、500、450、400、350、300、250、200和150号。其极限强度、受压弹性模量如表1—1及表1—2所示。

在设计钢筋混凝土梁式桥跨时,相应于各种标号的混凝土容许应力值见表1—1。

对于预应力混凝土结构,所采用的混凝土标号不得小于400号。在设计计算预应力混凝土梁式桥跨时,各检算状态下的安全系数和容许应力值参见第五章表5—2、表5—3。

对于后张法预应力混凝土结构,其压浆所用的水泥浆标号(7cm×7cm×7cm立方体试块,28天龄期的强度)不应低于350号。

混凝土的极限强度(MPa) 表1—1

强度种类	符号	混 凝 土 标 号				
		600	550	500	450	400
抗压(棱柱体强度)	R _a	42.0	38.5	35.0	31.5	28.0
抗拉	R _l	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6
强度种类	符号	混 凝 土 标 号				
		350	300	250	200	150
抗压(棱柱体强度)	R _a	24.5	21.0	17.5	14.0	10.5
抗拉	R _l	2.4	2.1	1.9	1.6	1.3

混凝土的受压弹性模量(GPa) 表1—2

混凝土标号	600	550	500	450	400	350
弹性模量 E _h	36.0	35.5	35.0	34.0	33.0	32.0
混凝土标号	300	250	200	150		
弹性模量 E _h	31.0	29.0	27.0	24.0		

混凝土的容许应力(M Pa)

表 1—3

序号	应力种类	符号	混凝土标号				
			600	550	500	450	400
1	中心受压	[σ_a]	17.00	15.40	14.00	12.60	11.00
2	弯曲受压及偏心受压	[σ_w]	21.00	19.30	17.50	15.80	14.00
3	有箍筋及斜筋时的主拉应力	[σ_{zl-1}]	3.05	2.88	2.70	2.52	2.35
4	无箍筋及斜筋时的主拉应力	[σ_{zl-2}]	1.13	1.06	1.00	0.93	0.87
5	梁部分长度中全由混凝土承受的主拉应力	[σ_{zl-3}]	0.57	0.53	0.50	0.46	0.43
6	纯剪应力	[σ_c]	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30
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
8	局部承压应力 A——计算底面积 A _c ——局部承压面积	[σ_{a-1}]	$17 \frac{A}{A_c}$	$15.4 \frac{A}{A_c}$	$14 \frac{A}{A_c}$	$12.6 \frac{A}{A_c}$	$11 \frac{A}{A_c}$
序号	应力种类	符号	混凝土标号				
			350	300	250	200	150
1	中心受压	[σ_a]	9.80	8.50	7.00	5.50	4.00
2	弯曲受压及偏心受压	[σ_w]	12.30	10.50	9.00	7.00	5.50
3	有箍筋及斜筋时的主拉应力	[σ_{zl-1}]	2.12	1.90	1.70	1.45	1.20
4	无箍筋及斜筋时的主拉应力	[σ_{zl-2}]	0.78	0.70	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	[σ_{zl-3}]	0.39	0.35	0.32	0.27	0.22
6	纯剪应力	[σ_c]	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]	0.98	0.88	0.79	0.67	0.54
8	局部承压应力 A——计算底面积 A _c ——局部承压面积	[σ_{a-1}]	$9.8 \frac{A}{A_c}$	$8.5 \frac{A}{A_c}$	$7.0 \frac{A}{A_c}$	$5.5 \frac{A}{A_c}$	$4.0 \frac{A}{A_c}$

- 注:1. 计算主力及附加力时,第 1、2、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、8 项容许应力可提高 10% ;
 3. 当检算架桥机架梁时,第 1、2、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采用表列第 7 项数值的 1.5 倍;
 5. 第 8 项中的计算底面积 A 按图 1—1 计算,但该部分的混凝土厚度应大于底面积 A 的短边尺寸。

图 1—1 计算底面积 A 示意图

图中:

- 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。

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

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

二、钢 筋

钢筋混凝土梁式桥跨所用的钢筋有 A 3、A 5 和 T 20M nSi,但目前 A 5 钢筋和 T 20M nSi 钢筋均很少生产。根据铁道部物资局物金[1987]187 号文通知:冶金部推荐的优质品标准,即《20M nSi 热轧螺纹钢标准》YB (T) 27 (1)—86,其技术条件优于《T 20M nSi 标准》(GB 1499—84),故完全可用上述标准的 20M nSi 钢筋代替 T 20M nSi 钢筋。除上述优质钢筋外,其他钢筋之技术条件必须符合国标《钢筋混凝土用钢筋》(GB 1499—84)。故本书仅列出 20M nSi 钢筋和 A 3 钢筋资料。

钢筋的容许应力 表 1—4

钢筋种类	符号	容许应力 (M Pa)		
		主 力	主力+附加力	检算架桥机架梁
A 3 钢筋	[g]	130	160	176
20M nSi 钢筋	[g]	180	230	253

钢丝的抗拉极限强度 R_y^i (M Pa) 表 1—5

钢丝直径 (mm)	3.0	4.0	5.0
抗拉极限强度 R_y^i	1500	1700	1500
	1600		1700

预应力混凝土梁式桥跨除使用上述的钢筋外,还采用高强度钢丝或钢绞线作为预应力钢筋。其技术条件必须符合国标 GB 5223~5224—85 的规定。

计算钢筋混凝土桥跨结构时所采用的 A 3 及 20M nSi 钢筋的容许应力如表 1—4 所示。表中的 20M nSi 钢筋主力一项内的容许应力,仅适用于下列三类情况:

- (一) 钢筋无焊接接头。
- (二) 有焊接接头,但接头经过纵向打磨加工。
- (三) 焊接接头虽未经纵向打磨,但钢筋中的最小应力与最大应力之比 0.6。

对于不属于上述三类之一者,表中 20M nSi 钢筋的主力一项内的数值,应根据试验资料乘以系数 (

< 1)折减之。如缺乏试验资料,可按 值的大小,采用如下的 值:

$$\begin{aligned} & \text{当 } 0.3, = 0.90; \\ & 0.2 < 0.3, = 0.85; \\ & 0.1 < 0.2, = 0.75。 \end{aligned}$$

预应力混凝土梁式桥跨中,作为预应力钢筋的高强度钢丝和钢绞线,其抗拉极限强度见表1—5及表1—6。

预应力混凝土梁式桥跨中的非预应力钢筋可采用 A 3 或 20M nSi 钢筋,其中受力钢筋(如桥面板内的主筋和腹板内的箍筋等)应尽量采用20M nSi钢筋。

预应力混凝土梁式桥跨中的预应力钢筋和非预应力钢筋的计算强度见表 1—7。

钢绞线的抗拉极限强度 R_y^i (M Pa) 表 1—6

直 径 (m m)	9.0	12.0	15.0
钢丝组成	7 3	7 4	7 5
抗拉极限强度 R_y^i	1700	1600	1500
	1800	1700	1600

预应力钢筋和非预应力钢筋的计算强度 (M Pa) 表 1—7

类别	钢筋类型	符号	受拉钢筋的计算强度	受压钢筋的计算强度
预应力钢筋	钢丝、钢绞线、粗钢筋	R_y	$0.9R_y^i$	380
非预应力钢筋	A 3 钢筋	R_g	260	260
	20M nSi 钢筋	R_g	360	360

在标准图中对于跨度 8m 及以下的普通钢筋混凝土梁,采用 20M nSi 钢筋为主筋时,其主力情况可不折减,但要求全部主钢筋使用无焊接的母材;或有焊接接头,但梁高中线以下部分主钢筋无焊接接头;或有焊接接头,但在梁高中线以下的主钢筋焊接接头数不超过主钢筋总数之 10%。

对跨度在 8m 以上的普通钢筋混凝土梁,采用 20M nSi 钢筋为主筋时,其表中主力一项的允许应力均需乘以折减系数;在标准图中为了统一起见,主力时采用 160M Pa,主力加附加力时采用 208M Pa。

预应力钢筋和非预应力钢筋的弹性模量值见表 1—8。

预应力混凝土梁式桥跨的设计计算中,相应于各检算阶段的预应力钢筋的容许应力值,分别参见第五章有关各节。

预应力钢筋和非预应力钢筋的弹性模量 (G Pa) 表 1—8

类 别	钢筋类型	符号	弹性模量
预应力筋	钢丝、钢丝束	E_g	200
	钢绞线、钢绞线束		190
非预应力筋	A 3、20M nSi 钢筋	E_g	210

第二节 简支(直线)梁活载弯矩及活载剪力

一、活载最大弯矩及最大剪力

简支(直线)梁各计算截面的活载最大弯矩及最大剪力按下式计算:

$$M_{\text{活}} = (1 + \mu) K_M M \quad (1-1)$$

$$Q_{\text{活}} = (1 + \mu) K_Q Q \quad (1-2)$$

式中 $M_{\text{活}}$ ——活载最大弯矩;
 $Q_{\text{活}}$ ——活载最大剪力;
 $K_M、K_Q$ ——按桥规附录三所列公式求得的换算均布活载;

$$M = \frac{1}{2} (1 -) L^2 \text{——弯矩影响线面积 (见图 1—2);}$$

$$Q = \frac{1}{2} (1 -)^2 L \text{——剪力影响线面积 (见图 1—3);}$$

L ——计算跨度;

$1 + \mu$ ——冲击系数,其值为:

$$\text{对有碴桥面 } 1 + \mu = 1 + \frac{12}{30 + L}$$

$$\text{对无碴桥面 } 1 + \mu = 1 + \frac{22}{40 + L}$$

图 1—2

图 1—3

对于计算跨度为 4~48m 的简支梁的 $(1 + \mu)$ 值见表 1—9。

冲击系数(1+ μ)值 表 1—9

计算跨度 L (m)	道碴桥面梁式桥跨	无碴桥面梁式桥跨
4	1.353	1.500
5	1.343	1.489
6	1.333	1.478
8	1.316	1.458
10	1.300	1.440
12	1.286	1.423
16	1.261	1.393
20	1.240	1.367
24	1.222	1.344
32	1.194	1.306
40	1.171	1.275
48	1.154	1.250

对于计算跨度为 4~48m 的简支梁,其各计算截面的不包括冲击系数在内的活载最大弯矩和最大剪力分别见表 1—10 及表 1—11。

二、相应于活载最大弯矩的活载剪力

相应于活载最大弯矩的活载剪力应根据产生最大弯矩时的活载位置确定。对于跨度 4~48m 的简支梁,其各计算截面产生活载最大弯矩时的活载位置,

视其计算最大弯矩所用的公式而异。表 1—12 列出了跨度 4~48m 简支梁 计算各截面活载最大弯矩和相应于产生此弯矩时的活载剪力所用的公式。对应于各公式的活载轮位,示于图 1—4。表 1—10 中列出跨度 4~48m 各计算截面相应于活载最大弯矩时的活载剪力。

三、相应于活载最大剪力的活载弯矩

产生活载最大剪力时的活载位置,均为活载的第一轮位于所计算的截面上。此时,该截面上的剪力,即为相应于此活载位置时的支座反力。因此,相应于最大剪力时的活载弯矩为:

$$M_0 = Q_{活} \cdot L \quad (1-3)$$

式中 M_0 ——相应于活载最大剪力时的活载弯矩;

$Q_{活}$ ——最大剪力,按式(1—2)计算。

表 1—13 列出了计算跨度 4~48m 简支梁各截面活载最大剪力及相应于此最大剪力的活载弯矩所用公式。相应于活载最大剪力的活载弯矩则列于表 1—11。

各计算公式的活载轮位示于图 1—4。

图 1—4

注: ? 图式中: $x = 4.46m$, ? 图式中: $x = \frac{41 - 86 + 1.2L}{9.2 - 8} m$

各计算截面活载(不包括冲击力,整孔单线)

截面 位置	计 算 跨 度											
	4		5		6		8		10		12	
	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)
0.05	86.3	431.3	12.19	487.5	157.5	525.0	253.0	632.6	366.7	733.4	497.0	828.3
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)
0.10	157.5	393.8	225.0	450.0	292.5	487.5	462.0	577.5	670.4	670.4	908.1	756.7
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(4)	(4)	(7)	(7)	(7)	(7)
0.15	213.8	356.3	309.4	412.5	405.0	450.0	627.0	522.5	914.4	609.6	238.3	688.0
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(4)	(4)	(7)	(7)	(7)	(7)
0.20	255.0	318.8	375.0	375.0	495.0	412.5	749.5	454.7	1136.8	513.4	1571.2	572.2
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
0.25	281.3	281.3	421.9	337.5	562.5	375.0	907.5	398.8	1345.9	450.4	1836.0	502.0
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)
0.30	307.5	256.3	450.0	300.0	607.5	337.5	1023.0	343.8	1498.8	389.6	2026.5	434.6
	(1)	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(5)	(5)	(8)	(8)	(8)	(8)
0.35	323.8	231.3	478.1	237.5	648.8	237.5	1094.5	288.8	1599.0	331.1	2188.3	316.7
	(1)	(1)	(3)	(3)	(3)	(3)	(5)	(5)	(8)	(8)	(9)	(9)
0.40	345.0	200.0	525.0	200.0	705.0	200.0	1123.7	220.5	1691.4	230.4	2312.1	247.9
	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)
0.45	367.5	162.5	553.1	162.5	738.8	162.5	1188.0	165.0	1753.2	169.6	2368.3	181.9
	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(6)	(6)	(9)	(9)	(9)	(9)
0.50	375.0	125.0	562.5	125.0	750.0	125.0	1210.0	110.0	1765.8	111.2	2361.8	118.6
	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(6)	(6)	(9)	(9)	(9)	(9)

注:括弧内的数值表示计算 M、Q 值所引用的表 1—12 的计算公式序号。

L (m)

16		20		24		32		40		48	
M (kN · m)	Q (kN)	M (kN · m)	Q (kN)	M (kN · m)	Q (kN)	M (kN · m)	Q (kN)	M (kN · m)	Q (kN)	M (kN · m)	Q (kN)
807.4	1009.3	1184.2	1184.2	1627.4	1356.2	2713.1	1695.7	4064.5	2032.3	5674.6	2281.9
(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(12)	(12)	(13)	(13)
1473.0	920.7	2157.2	1078.6	3000.5	1167.7	5064.3	1465.7	7605.0	1763.8	10606.0	1975.8
(7)	(7)	(7)	(7)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(14)	(14)
206.5	777.9	3062.4	910.8	4219.3	1043.7	7053.5	1235.7	10624.7	1495.8	14803.7	1671.1
(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(9)	(9)	(9)	(9)	(15)	(15)
2581.4	689.8	3780.0	807.5	5222.0	854.2	8737.9	1080.0	13127.2	1228.4	18292.1	1451.7
(8)	(8)	(8)	(8)	(9)	(9)	(9)	(9)	(10)	(10)	(15)	(15)
2971.5	605.4	4402.9	638.6	6055.9	734.3	10104.0	850.5	15115.9	961.6	21082.5	1151.9
(8)	(8)	(9)	(9)	(9)	(9)	(10)	(10)	(11)	(11)	(16)	(16)
3325.5	459.1	4875.5	537.6	6687.1	543.8	11110.0	621.0	16621.1	780.1	23332.6	845.3
(9)	(9)	(9)	(9)	(10)	(10)	(11)	(11)	(11)	(11)	(18)	(18)
3574.4	3751.0	5212.5	367.5	7159.5	428.0	11860.1	473.6	17801.0	511.3	25096.7	624.7
(9)	(9)	(10)	(10)	(10)	(10)	(11)	(11)	(17)	(17)	(18)	(18)
3712.6	294.8	5450.4	268.8	7417.9	236.4	12280.7	243.6	18639.7	327.3	26331.2	404.1
(9)	(9)	(10)	(10)	(11)	(11)	(17)	(17)	(17)	(17)	(18)	(18)
3814.8	144.8	5532.3	174.7	7552.6	124.9	12552.5	96.4	19110.3	143.3	27036.3	183.5
(10)	(10)	(10)	(10)	(11)	(11)	(17)	(17)	(17)	(17)	(18)	(18)
3820.0	65.0	5511.8	1.2	7485.8	18.8	12589.0	50.8	19213.0	- 40.7	27212.1	- 37.0
(10)	(10)	(11)	(11)	(11)	(11)	(17)	(17)	(17)	(17)	(18)	(18)

各计算截面活载(不包括冲击力,整孔单线)

截面 位置	计 算 跨 度											
	4		5		6		8		10		12	
	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)
0	468.8	0	525.0	0	562.5	0	688.9	0	798.8	0	902.6	0
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
0.05	431.3	86.3	487.5	121.9	525.0	157.5	632.6	253.0	733.4	366.7	828.3	497.0
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
0.10	393.8	157.5	450.0	225.0	487.5	292.5	577.5	462.0	670.4	670.4	756.7	908.0
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(3)	(3)	(4)	(4)	(4)	(4)
0.15	356.3	213.8	412.5	309.4	450.0	405.0	522.5	627.0	609.6	914.4	687.9	1238.4
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(3)	(3)	(4)	(4)	(4)	(4)
0.20	318.8	255.0	375.0	375.0	412.5	495.0	467.5	748.0	551.2	1102.3	621.9	1492.6
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(3)	(3)	(4)	(4)	(4)	(4)
0.25	281.3	281.3	337.5	421.9	375.0	562.5	421.9	843.8	495.0	1237.5	558.6	1675.8
	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(3)	(3)	(4)	(4)
0.30	256.3	307.5	300.0	450.0	337.5	607.5	384.4	922.5	440.0	1320.0	498.1	1793.2
	(1)	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(3)	(3)	(4)	(4)
0.35	231.3	323.8	262.5	459.4	300.0	630.0	346.9	971.3	385.0	1347.5	440.3	1849.3
	(1)	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(3)	(3)	(4)	(4)
0.40	206.3	330.0	225.0	450.0	262.5	630.0	309.4	990.0	337.5	1350.0	385.0	1848.0
	(1)	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(3)	(3)
0.45	181.3	326.3	200.0	450.0	225.0	607.5	271.9	978.8	300.0	1350.0	330.0	1782.0
	(1)	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(3)	(3)
0.50	156.3	312.5	175.0	437.5	187.5	562.5	234.4	937.5	262.5	1312.5	281.3	1687.5
	(1)	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)

L (m)

16		20		24		32		40		48	
Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)	Q (kN)	M (kN·m)
1101.5	0	1294.4	0	1484.3	0	1859.8	0	2231.3	0	2589.4	0
(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(5)	(5)	(5)	(5)
1009.3	807.4	1184.2	1184.2	1356.2	1627.4	1695.7	2713.1	2032.3	4064.5	2359.2	5662.0
(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(5)	(5)	(5)	(5)
920.7	1473.0	1078.6	2157.2	1233.6	2960.6	1539.1	4925.1	1841.6	7366.4	2138.6	10265.2
(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(5)	(5)
835.8	2005.9	977.6	2932.8	1116.5	4019.4	1389.8	6671.0	1660.1	9960.6	1927.6	13878.5
(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(5)	(5)
754.6	2414.7	881.2	3524.8	1004.9	4823.5	1247.8	7985.9	1487.8	11902.4	1726.2	16571.3
(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(5)	(5)
677.0	2708.0	789.4	3947.0	898.8	5392.8	1113.3	8906.4	1324.7	13247.0	1534.7	18415.9
(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
603.2	2895.4	702.2	4213.2	798.3	5747.8	986.0	9465.6	1170.8	14049.6	1354.1	19498.7
(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
533.0	2984.8	619.6	4337.2	703.3	5907.7	866.2	9701.4	1026.1	14365.4	1184.5	19900.2
(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
466.5	2985.6	541.6	4332.8	613.8	5892.5	753.7	9647.4	890.6	14249.6	1026.0	19699.9
(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
403.7	2906.6	468.2	4213.8	529.8	5721.8	648.5	9338.4	764.3	13757.4	878.6	18977.2
(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)
344.5	2756.0	399.4	3994.0	451.3	5415.6	550.8	8812.8	647.2	12944.0	742.2	17811.8
(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)	(4)

整孔单线活载最大弯矩及其相应剪力计算公式

表 1—12

计算公式 序号	活 载 最 大 弯 矩 (不包括冲击力)		相应于最大弯矩的活载剪力 (不包括冲击力)
	计 算 公 式	相应于桥规 附录八的 K 值计算式	
1	$50(1 -)L - 37.5$		$50(1 -) - 37.5/L$
2	$75(1 -)L - 112.5$		$75(1 -) - 112.5/L$
3	$75(1 -)L - 37.5$		$75(1 -) - 25$
4	$110(1 -)L - 330$		$110(1 -) - 330/L$
5	$110(1 -)L - 165 - 33$		$110(1 -) - 165/L - 22$
6	$110(1 -)L - 99$		$110(1 -) - 44$
7	$110(1 -)L - 330 + 4.6[(1 -)L - 7.5]^2$		$110(1 -) - 330/L + \frac{4.6[(1 -)L - 7.5]^2}{L}$
8	$110(1 -)L - 165 + 4.6[(1 -)L - 6.0]^2 - 33$	0	$110(1 -) - 165/L + \frac{4.6[(1 -)L - 6.0]^2}{L - 22}$
9	$110(1 -)L + 4.6[(1 -)L - 4.5]^2 - 99$?	$110(1 -) + \frac{4.6[(1 -)L - 4.5]^2}{L - 44}$
10	$110(1 -)L + 165 + 4.6[(1 -)L - 3.0]^2 - 198$?	$110(1 -) + 165/L + \frac{4.6[(1 -)L - 3.0]^2}{L - 66}$
11	$110(1 -)L + 330 + 4.6[(1 -)L - 1.5]^2 - 330$?	$110(1 -) + 330/L + \frac{4.6[(1 -)L - 1.5]^2}{L - 88}$
12	$146(1 -)L - 1140 + 4.0[(1 -)L - 7.5]^2$?	$146(1 -) - 1140/L + \frac{4.0[(1 -)L - 7.5]^2}{L}$
13	$146(1 -)L - 921 + 4.0[(1 -)L - 6.0]^2 - 33$?	$146(1 -) - 921/L + \frac{4.0[(1 -)L - 6.0]^2}{L - 22}$
14	$146(1 -)L - 702 + 4.0[(1 -)L - 4.5]^2 - 99$?	$146(1 -) - 702/L + \frac{4.0[(1 -)L - 4.5]^2}{L - 44}$
15	$146(1 -)L - 483 + 4.0[(1 -)L - 3.0]^2 - 198$?	$146(1 -) - 483/L + \frac{4.0[(1 -)L - 3.0]^2}{L - 66}$
16	$146(1 -)L - 264 + 4.0[(1 -)L - 1.5]^2 - 330$?	$146(1 -) - 264/L + \frac{4.0[(1 -)L - 1.5]^2}{L - 88}$
17	$\frac{374}{2.3}(1 -) + 4.6(1 -)L^2$?	$- 374/2.3L + 4.6(1 - 2)L$
18	$\frac{(1 -)}{2.3 - 2} [9.2L^2(1 -) + 115.8L - 2754.5 + \frac{374}{2.3}]$	0	$(1 - 9.2)L + 5.2x + (4x^2 - 278x + 3453) \frac{1}{L} + 98$

注:上表 18 式中相应于最大弯矩的活载剪力之 x 值按下式计算

$$x = \frac{41 - 86 + 1.2 L}{9.2 - 8} \quad (\text{单位以 m 计})$$

序号	活载最大剪力(不包括冲击力)	相应于最大剪力的活载弯矩 (不包括冲击力)	适用范围
1	$50(1-\) - 37.5/L$	$50(1-\)L - 37.5$	$\frac{1.5}{L} (1-\) \frac{3.0}{L}$
2	$75(1-\) - 112.5/L$	$75(1-\)L - 112.5$	$\frac{3.0}{L} (1-\) \frac{6.21}{L}$
3	$110(1-\) - 330/L$	$110(1-\)L - 330$	$\frac{6.21}{L} (1-\) \frac{7.5}{L}$
4	$110(1-\) - 330/L + 4.6[(1-\)L - 7.5]^2/L$	$110(1-\)L - 330 + 4.6[(1-\)L - 7.5]^2$	$\frac{7.5}{L} (1-\) \frac{37.5}{L}$
5	$146(1-\) - 1140/L + 4.0[(1-\)L - 7.5]^2/L$	$146(1-\)L - 1140 + 4.0[(1-\)L - 7.5]^2$	$\frac{37.5}{L} (1-\)$

第三节 两片式简支曲线上梁活载偏载系数

位于曲线上的两片式简支梁,由于线路中线与梁中线的偏移、离心力的作用和超高的设置,将使每片梁发生偏载。梁的各截面的弯矩和剪力亦将较直线上梁增大(或减小)。严格说来,此时每片梁除产生平面弯曲外还伴随着扭转。但由于两片式梁一般均采用横隔板联结使其成为整体。为简化计算,往往略去扭转的影响,仍按平面弯曲考虑,仅将其弯矩和剪力根据上述因素予以增大。这种弯矩和剪力的增大系数称之为偏载系数。至于位于曲线上的整孔式梁(如整孔箱形,整孔形或整孔板式)则应按空间体系的计算原则,综合考虑弯矩和扭矩的共同作用。

本节所涉及的活载偏载系数,系针对道碴桥面的梁式桥跨而言,其他情况不在本节所述范围之内,应另行研究。

一、计算公式

(一)基本假定

由于道碴桥面的梁式桥跨,其活载是通过枕木和道碴传递到梁上的,为此,采用了如下的假定。

1. 梁比道碴刚硬得多,假定作用在梁顶部的荷载强度按直线分布。

2. 假定荷载通过枕木,自枕木底按 1:1 坡度分布。

3. 由于梁长远小于线路曲线半径,因而假定线路沿梁全长按抛物线变化,即

$$y = \frac{4f}{l^2} \frac{L}{2} - x^2 \quad (\text{cm}) \quad (1-4)$$

式中 $f = \frac{L^2}{8R} \times 100(\text{cm})$;

L——计算跨度(m);

R——线路曲线半径(m)。

因为沿梁全长超高一致,活载分布线亦按上述抛物线变化。

桥上线路布置及计算所引用的参数意义均见图 1—5。

图 1—5

(二)公式导引

运用第一个假定,根据力的平衡原理,从图 1—6 可得

图 1—6

$$2 = \frac{2N}{(1+m)(l_1+l_2)} \quad (1-5)$$

式中 $m = \frac{l_1+l_2+6e}{l_1+l_2-6e}$ 的距离;
 $1, 2$ ——活载分布线脚处的强度;
 l_1, l_2 ——线路中线分别至外侧和内侧分布线脚

e ——梁顶处的活载合力作用点距 l_1+l_2 的中点的距离。
 由于两片梁系独立作用(略去横隔板的联结影响),则任一截面处外梁承受的单位长度荷载为:

$$N_x^a = \frac{1}{2} \frac{(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_1-f_1+y)}{l_1+l_2} (l_1+f_1-y)$$

为简化最后所得之公式,且由于方括号内的 y 值对计算结果影响甚微,故将方括号内的 y 值略去,并以式(1-5)中的 2 代入,得

$$N_x^a = \frac{N[(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)](l_1+f_1-y)}{(1+m)(l_1+l_2)^2}$$

同理,任一截面处内梁承受的单位长度荷载为

$$N_x^i = \frac{N[2(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)](l_2-f_1+y)}{(1+m)(l_1+l_2)^2}$$

1. 弯矩偏载系数

由图 1-7, 梁内任一截面内的弯矩

$$M_x = A \int_0^x \alpha x - \int_0^x N(x-d)$$

其中 $A = \int_0^L N_x dx$ —— 支座反力

图 1-7

分别将内、外梁的 N_x^i 和 N_x^a 的表达式代入,得外梁任一截面的弯矩为

$$M_x^a = \frac{N x (L-x) [(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)]}{2(1+m)(l_1+l_2)^2} \cdot (l_1+f_1 - \frac{f}{3} + \frac{2f}{3L^2} x (L-x))$$

又直线梁任一截面的弯矩(每片梁)

$$M_x = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} N x (L-x)$$

于是,外梁弯矩偏载系数

$$i_{M_x^a} = \frac{M_x^a}{M_x} = \frac{2[(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)]}{(1+m)(l_1+l_2)^2} (l_1+f_1 - \frac{f}{3} + \frac{2f}{3L^2} x (L-x)) \quad (1-6)$$

同理,内梁弯矩偏载系数

$$i_{M_x^i} = \frac{M_x^i}{M_x} = \frac{2[2(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)]}{(1+m)(l_1+l_2)^2} (l_2-f_1 + \frac{f}{3} - \frac{2f}{3L^2} x (L-x)) \quad (1-7)$$

2. 剪力偏载系数

由图 1-8, 梁内任一截面的剪力为

$$A = Q_x = \int_x^L \frac{N(L-d)}{L}$$

分别将内、外梁的 N_x^i 和 N_x^a 的表达式代入得外梁任一截面的剪力为

图 1-8

$$Q_x^a = \frac{N(L-x)^2}{L} \cdot \frac{[(1+m)(l_1+l_2) + (m-1)(l_2-f_1)]}{2(1+m)(l_1+l_2)^2} \cdot (l_1+f_1 - \frac{f}{3} + \frac{2f}{3L^2} x (2L-3x))$$

又直线梁任一截面的剪力(每片梁)

$$Q_x = \frac{1}{2} \cdot \frac{N(L-x)^2}{2L}$$

于是,外梁剪力偏载系数