

公路桥梁设计丛书

桥梁通用构造 及简支梁桥

胡兆同 陈万春 编著
杨炳成 主审

QIAOLIANG TONGYONG GOUZAO
JI JIANZHI LIANGQIAO



人民交通出版社

公路桥梁设计丛书

Qiaoliang Tongyonggouzao ji Jianzhiliangqiao

桥梁通用构造及简支梁桥

胡兆同 陈万春 编著
杨炳成 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了桥梁通用构造及钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥的设计理论、设计方法、计算示例及施工图设计实例。

本书可供从事桥梁结构设计的工程技术人员及大专院校路桥专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁通用构造及简支梁桥 / 胡兆同, 陈万春编著.

北京: 人民交通出版社, 2000. 11

ISBN 7-114-03735-X

I. 桥... II. ①胡... ②陈... III. 简支梁桥-设计

IV U448.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 66779 号

公路桥梁设计丛书

桥梁通用构造及简支梁桥

胡兆同 陈万春 编著

杨炳成 主审

版式设计: 刘晓方 责任校对: 戴瑞萍 责任印制: 张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 13.25 字数: 339 千

2001 年 3 月 第 1 版

2001 年 3 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—6000 册 定价: 25.00 元

ISBN 7-114-03735-X

U·02704

前 言

《桥梁通用构造及简支梁桥》是公路桥梁设计丛书的一个分册。本书主要介绍钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥的设计计算方法和桥梁通用构造,如桥面铺装、排水设施、桥梁伸缩缝、人行道、栏杆和灯柱以及梁桥支座等的设计与选型。本书以四个简支梁桥设计示例,说明了预应力混凝土空心板桥、钢筋混凝土T形梁桥、预应力混凝土T形梁桥和预应力混凝土箱形梁桥的设计计算方法。由于大跨径斜拉桥、悬索桥等大型桥梁的桥面铺装、伸缩装置及支座都需要经过特殊设计,而本书主要是供初次涉足桥梁结构设计的工程技术人员和路桥专业在校学生学习参考之用,所以对这些大型桥梁的通用构造没有提及。

本书共分七章。第一章主要介绍了我国公路桥梁设计资料和设计计算理论及方法,目的是使读者对简支梁桥设计过程有一个初步的了解。第二章介绍了预应力混凝土简支空心板桥的设计计算。第三章为钢筋混凝土简支T形梁桥的设计计算示例。第四章为预应力混凝土简支T形梁桥的设计计算示例。第五章介绍了预应力混凝土简支箱形梁桥的设计计算,并给出了设计实例,供读者参考。本书第六章较详细地介绍了我国公路桥梁中梁式桥所采用的各种支座,包括支座的设计计算、选型及适用范围。第七章桥面系中对我国公路桥梁中的通用桥面结构,如桥面铺装、排水设施、伸缩装置及人行道、栏杆等作了详细介绍,并给出了较多的图例。

在本书编写过程中,编者力求以简明的语言和丰富的图例来说明简支梁桥的设计理论、设计方法和施工图设计实例,以便读者通过阅读本书后,能够对桥梁通用构造物及简支梁桥的设计过程和方法,有一个较为全面的了解。从而在以后的工作实践中,能够逐步地掌握桥梁结构的设计方法。希望本书能够对初次从事桥梁结构设计的工程技术人员和路桥专业在校学生的学习和工作有所帮助。由于编者的水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,恳请读者给予批评指正。

本书第一、二、三、六、七章由西安公路交通大学胡兆同编写;第四、五章由西安公路交通大学陈万春编写。全书由胡兆同主编。西安公路交通大学杨炳成教授对全书进行了审核。

作 者

1999年12月

目 录

第一章 简支梁桥设计理论及方法	1
第一节 概述.....	1
第二节 公路桥梁设计资料.....	3
第三节 计算理论及方法.....	7
第二章 预应力混凝土空心板桥	12
第一节 设计资料 and 结构尺寸	12
第二节 内力计算	14
第三节 预应力钢筋设计	21
第四节 截面强度与应力计算	23
第五节 施工图设计实例	29
第三章 钢筋混凝土简支 T 形梁桥	33
第一节 设计资料与结构尺寸	33
第二节 主梁内力计算	34
第三节 配筋设计与强度验算	44
第四节 横梁的计算	52
第五节 行车道板的计算	56
第六节 施工图设计实例	60
第四章 预应力混凝土简支 T 形梁桥	66
第一节 设计资料与结构尺寸	66
第二节 主梁内力计算	68
第三节 预应力钢束的估算及布置	75
第四节 钢束预应力损失计算	79
第五节 主梁截面验算	81
第六节 梁端锚固区的局部承压验算	86
第七节 主梁变形验算	88
第八节 施工图设计实例	89
第五章 预应力混凝土简支箱形梁桥	95
第一节 设计资料与结构尺寸	95
第二节 主梁内力计算	97
第三节 预应力钢束的估算及布置	103
第四节 主梁截面几何特性计算	106
第五节 钢束预应力损失计算	110
第六节 主梁截面强度及应力验算	116
第七节 施工图设计实例	125

第六章 桥梁支座	130
第一节 概述.....	130
第二节 钢支座.....	131
第三节 板式橡胶支座.....	135
第四节 盆式橡胶支座.....	139
第五节 球型支座.....	147
第六节 其他型式的桥梁支座.....	150
第七章 桥面系	153
第一节 桥面铺装与桥面连续.....	153
第二节 桥面排水设施.....	155
第三节 桥梁伸缩装置.....	157
第四节 人行道、栏杆及灯柱.....	165
第五节 桥面系具体构造示意图.....	169
参考文献	203

第一章 简支梁桥设计理论及方法

第一节 概 述

钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥在我国桥梁建筑上占有重要的地位。对于中小跨径的永久性桥梁,无论是公路桥梁或者城市桥梁,其中大部分是钢筋混凝土或预应力混凝土梁式桥。这两种桥梁具有能就地取材、工业化施工、耐久性好、适应性强、整体性好以及美观等许多优点。预应力混凝土梁桥则更兼有节省钢材,跨越能力大和耐久性好的长处。

钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥属静定结构,由于其结构内力受地基变形等因素的影响不大,故可用于地质条件较差的桥位,其受力明确、构造简单、施工方便等优点使其在我国广大地区,尤其是平原地区中小跨径桥梁中得到很广泛地应用。

钢筋混凝土或预应力混凝土简支梁桥多采用预制装配式施工方法。这不仅可以实行标准化、工业化生产,而且可以提高质量、缩短工期、节省材料。

装配式简支梁桥的上部结构,通常由主梁、横隔梁、行车道板、桥面部分和支座等部分组成。其中主梁是桥梁的主要承重构件。预制的主梁通过横梁和行车道板连接成为整体,使车辆荷载在各主梁之间有良好的横向分布。桥面部分包括桥面铺装、防水排水设施、伸缩装置、人行道和栏杆灯柱等。这些构造虽然不是桥梁的主要承重构件,但他们设计和施工的好坏直接关系到桥梁的安全、功能及美观。因此在设计制造过程中也应给予重视。

钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥的不足之处是结构本身的自重大,而且跨径越大则自重所占荷载的比重就越高。简支梁桥的设计主要受跨中正弯矩的控制,当跨径增大时,跨中由恒载和活载产生的弯矩将急剧增加,使材料的强度大部分为结构重力所消耗,因而限制了其跨越能力。通常钢筋混凝土简支梁桥的合理跨径在 20m 以下;预应力混凝土简支梁桥虽然可以增大跨径,但从施工方便和经济合理等方面考虑,我国采用的跨径在 50m 以下。

本书通过预应力混凝土空心板桥、钢筋混凝土 T 形简支梁桥、预应力混凝土 T 形简支梁和预应力混凝土箱形简支梁桥等四个设计计算示例,说明了简支梁桥的设计计算方法。并介绍了桥梁通用构造,如桥面铺装、排水设施、桥梁伸缩缝、人行道、栏杆与灯柱等另外还介绍了桥梁各种支座的设计和选型。目的是使读者对桥梁通用构造及简支梁桥设计有较全面的了解。

由于大跨径斜拉桥、悬索桥等大型桥梁的桥面铺装、伸缩装置都需经过专门设计,尤其是悬索桥的桥面铺装目前在我国仍处于研究阶段,还没有成熟的设计可借鉴,因此本书未涉及这些大型桥梁的通用构造。

图 1-1 为某座公路简支梁桥的总体布置图。

第二节 公路桥梁设计资料

一、设计荷载与组合

1. 荷载分类与组合方法

公路桥涵设计荷载分为:永久荷载、可变荷载、偶然荷载三大类,如表 1-1 所列。

荷载分类表

表 1-1

编 号	荷载分类		荷载名称
1	永久荷载 (恒载)		结构重力
2			预加应力
3			土的重力及土侧压力
4			混凝土收缩及徐变影响力
5			基础变位影响力
6			水的浮力
7	可 变 荷 载	基本可变荷载 (活载)	汽车
8			汽车冲击力
9			离心力
10			汽车引起的土侧压力
11			人群
12			平板挂车或履带车
13			平板挂车或履带车引起的土侧压力
14		其他可变荷载	风力
15			汽车制动力
16			流水压力
17			冰压力
18			温度影响力
19			支座摩阻力
20	偶然荷载		地震力
21			船只或漂流物撞击力

由于这些荷载并不都同时作用于桥梁结构上,因此根据各种荷载重要性的不同和同时作用的可能性,《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89), (以下简称《桥规》)中规定了下列荷载组合:

组合 I:基本可变荷载(平板挂车或履带车除外)的一种或几种与永久荷载的一种或几种相组合。

组合 II:基本可变荷载(平板挂车或履带车除外)的一种或几种与永久荷载的一种或几种与其他可变荷载的一种或几种相组合。

组合 III:平板挂车或履带车与结构重力、预应力、土的重力及土侧压力中的一种或几种相

组合。

组合 IV:基本可变荷载(平板挂车或履带车除外)的一种或几种与永久荷载的一种或几种与偶然荷载中的船只或漂流物撞击力相组合。

组合 V:桥涵在进行施工阶段的验算时,根据可能出现的施工荷载(如结构重力、脚手架、材料机具、人群、风力以及拱桥的单向推力等)进行组合。

构件在吊装时,构件重力应乘以动力系数 1.2 或 0.85,并可视构件具体情况作适当增减。

组合 VI:结构重力、预应力、土重及土侧压力中的一种或几种与地震力相组合。

从这六种组合中可以看出:组合 I 是只计及常遇荷载的主要设计组合,组合 III 是以平板挂车或履带车验算的验算组合。

《桥规》规定了其他可变荷载参与上述荷载组合时不同时组合表,见表 1-2。

其他可变荷载不同时组合表

表 1-2

编 号	荷 载 名 称	不与该荷载同时参与组合的荷载号
14	风力	—
15	汽车制动力	16,17,19
16	流水压力	15,17
17	冰压力	15,16
18	温度影响力	—
19	支座摩阻力	15

在设计各种等级公路的永久性桥涵时,所用的车辆荷载等级应根据公路的使用任务、性质和将来发展情况,按表 1-3 确定。

车辆荷载等级选用表

表 1-3

公 路 等 级	汽 车 专 用 公 路			一 般 公 路		
	高速公路	一	二	二	三	四
计算 荷载	汽车—超 20 级	汽车—超 20 级 汽车—20 级	汽车—20 级	汽车—20 级	汽车—20 级	汽车—10 级
验算 荷载	挂车—120	挂车—120 挂车—100	挂车—100	挂车—100	挂车—100	履带—50

2. 各类荷载的标准值

公路桥涵设计应采用荷载的标准值,简支梁上部结构设计有关的荷载标准值规定如下:

(1)永久荷载

结构重力 结构物重力及桥面铺装、附属设备等外加重力均属结构重力,可按结构实际的体积乘以材料的容重计算。

预加应力 预加应力在结构使用极限状态时,应作为永久荷载计算其效应,并考虑相应阶段的预应力损失,但不计由于偏心距增大引起的附加内力;在结构按承载能力极限状态设计时,预加应力不作为荷载,而将预应力钢筋作为结构抗力的一部分。

混凝土收缩及徐变影响力 混凝土收缩影响可作为相应于温度的降低考虑,对于装配式钢筋混凝土结构的收缩影响力,相当于降低温度 5℃ ~ 10℃。

混凝土徐变影响的计算,可采用混凝土应力与徐变变形间直线关系的假定。混凝土徐变

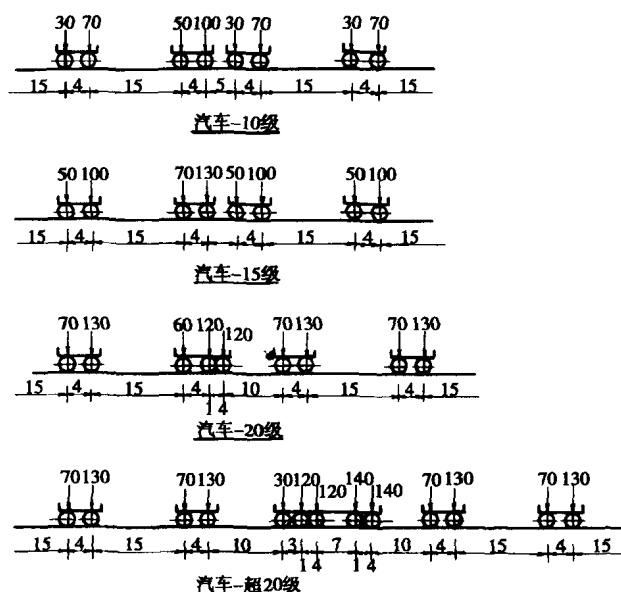


图 1-2 各级汽车车队的纵向排列
(轴重力单位:kN;尺寸单位:m)

汽车荷载乘以冲击系数 μ , 可根据《桥规》选用。

人群荷载 设有人行道的桥梁, 当用汽车荷载计算时, 应同时计入人群荷载。人群荷载一般规定为人行道上 3kN/m^2 ; 城市郊区行人密集地区可为 3.5kN/m^2 。

平板挂车和履带车 平板挂车和履带车荷载分为挂车—80、挂车—100、挂车—120 和履带 50, 其荷载图示如图 1-4。

用平板挂车或履带车荷载验算时, 不计冲击力、人群荷载和其他非经常作用在桥涵上的各种外力。履带车顺桥可多辆布载, 但两车间净距不得小于 50m; 平板车在桥梁全长内用一辆布载。

②其他可变荷载

其他可变荷载主要为风力、汽车制动力、温度影响力和支座摩阻力等。当进行支座设计时, 应按《公预规》规定进行计算。

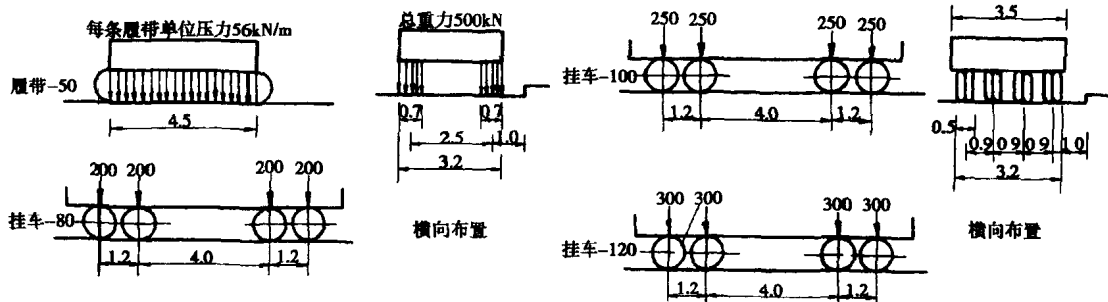


图 1-4 平板挂车和履带车荷载的纵向排列和横向布置(重力单位:kN;尺寸单位:m)

系数可参照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023—85)(简称《公预规》)附录四采用。

(2)可变荷载

①基本可变荷载

汽车荷载 汽车荷载以汽车车队表示, 分为汽车—10 级、汽车—15 级、汽车—20 级和汽车—超 20 级四个等级。车队的纵向排列和横向布置应符合图 1-2 和图 1-3 的规定。桥梁横向布置车队数应按表 1-4 确定。

当桥梁横向布置车队数大于 2 时, 应考虑计算荷载效应的横向折减, 但折减后不得小于用两行车队布载的计算结果。一个整体结构上的计算荷载横向折减系数如表 1-5 所列。

汽车冲击力 汽车荷载的冲击力为

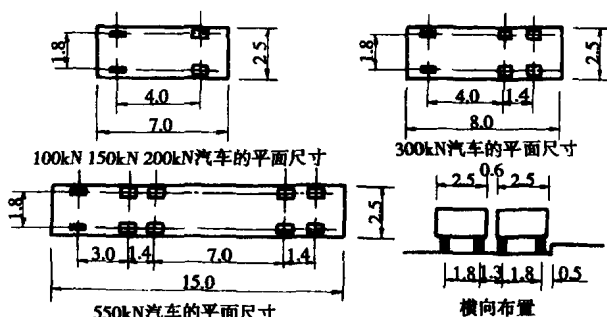


图 1-3 各级汽车的平面尺寸和横向布置
(尺寸单位:m)

桥梁横向布置车队数

表 1-4

桥面净宽 $W(m)$		横向布置车队数
车辆单向行驶时	车辆双向行驶时	
$W < 7.0$		1
$7.0 \leq W < 10.5$	$7.0 \leq W < 14.0$	2
$10.5 \leq W < 14.0$		3
$14.0 \leq W < 17.5$	$14.0 \leq W < 21.0$	4
$17.5 \leq W < 21.0$		5
$21.0 \leq W < 24.5$	$21.0 \leq W < 28.0$	6
$24.5 \leq W < 28.0$		7
$28.0 \leq W < 31.5$	$28.0 \leq W < 35.0$	8

横向折减系数

表 1-5

横向布置车队数	3	4	5	6	7	8
横向折减系数	0.78	0.67	0.60	0.55	0.52	0.50

二、桥梁跨径与净空

1. 桥梁的跨径

简支梁桥属中小跨径桥梁,按照《桥规》规定,当跨径在 60m 以下时应采用标准跨径。桥梁标准跨径(单位:m)规定为:

5.0、6.0、8.0、10.0、13.0、16.0、20.0、25.0、30.0、35.0、40.0、45.0、50.0、60.0。

一般情况下,5.0~8.0m 为钢筋混凝土板桥;10.0~20.0m 为钢筋混凝土 T 形梁或预应力混凝土空心板桥;25.0~50.0m 为预应力混凝土 T 型梁或箱形梁桥。

桥梁全长按规定为:有桥台的桥梁为两岸桥台侧墙或八字墙尾端间的距离;无桥台的桥梁为桥面系行车道长度。

2. 桥梁净空

公路桥梁的桥面净空应符合图 1-5 所示公路建筑限界的规定。高速公路、一级公路,一般以建造上、下行两座独立桥梁为宜。

图 1-5 中 W 表示行车道宽度,具体数值按

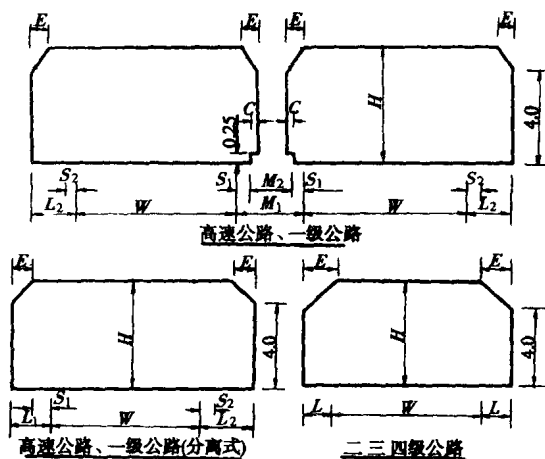


图 1-5 桥梁净空(尺寸单位:m)

C 为与计算行车速度相关的安全系数, S_1 、 S_2 分别为行车道左、右侧路缘带宽度; M_1 、 M_2 分别为中间带及中央分隔带宽度; E 为建筑限界顶角宽度; H 为净高; L_1 、 L_2 分别为硬路肩宽度; L 为侧向宽度。

表 1-6 采用。其他数值应按《桥规》规定采用。

汽车专用公路上的桥梁不设人行道,但应设置检修道及安全护栏。人行道的宽度为0.75 m 或 1.0m,当大于 1.0m 时按 0.5m 的级差增加。路缘石高度可采用 0.25 ~ 0.35m。

各级公路行车道宽度 (W) 表 1-6

公 路 等 级	汽 车 专 用 公 路							
	高 速 公 路				一		二	
地 形	平原微丘	重 丘	山 岭		平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘
行车道宽度(m)	2×7 5	2×7 5	2×7 5	2×7 0	2×7 5	2×7 0	8 0	7 5
公 路 等 级	一 般 公 路							
	二		三		四			
地 形	平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘		
行车道宽度(m)	9 0	7 0	7 0	6 0	3 5	3 5		

第三节 计算理论及方法

一、桥梁结构计算理论

我国公路桥梁设计规范采用极限状态设计,所有桥涵结构均应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态的计算。

1. 承载能力极限状态计算以塑性理论为基础。设计原则是:荷载效应不利组合的设计值小于或等于结构抗力效应的设计值,以方程表示为:

$$S_d(\gamma_g G; \gamma_q \Sigma Q) \leq \gamma_b R_d \left(\frac{R_c}{\gamma_c}; \frac{R_s}{\gamma_s} \right)$$

2. 正常使用极限状态计算以弹性理论或弹塑性理论为基础,一般进行下列三项校核:

- ①限制应力
- $\sigma_d \leq \sigma_L$
- ②短期荷载下的变形
- $f_d \leq f_L$
- ③荷载组合 I 或组合 II 或组合 III 作用下的裂缝宽度
- $\delta_d \leq \delta_L$

以上 σ_d 、 f_d 、 δ_d 和 σ_L 、 f_L 、 δ_L 分别为应力、变形、裂缝宽度的设计值和限值。

二、简支梁桥设计方法

上承式简支梁桥设计计算的项目一般有主梁、横隔梁、桥面板和支座等。在具体进行设计计算时一般从主梁开始,然后依次设计横隔梁、桥面板和支座。

1. 恒载作用的计算

钢筋混凝土或预应力混凝土桥梁的恒载,占全部设计荷载的很大部分,而且梁的跨径越

大,恒载所占的比重也越大。因此,作用于简支梁桥上的计算恒载要进行准确的计算。简支梁桥上作用的恒载计算,主要是结构自重引起的内力。结构自重可由结构的体积乘以材料的容重求出。首先求出主梁的结构自重;然后把沿桥跨分点作用的横隔梁自重,以及桥面铺装、人行道及栏杆等构件的自重,近似地平分给各片主梁来承担。为了更精确起见也可以将桥面这些恒载按照荷载横向分布的方法来计算。

对于预应力混凝土简支梁桥,还可以根据施工需要,将恒载分成一期恒载和二期恒载两个阶段进行分析。

在进行恒载内力计算时,首先要求出恒载集度 g ;之后就可按照下列公式计算出梁内各截面的内力,即弯矩和剪力。

$$M_x = \frac{1}{2} g x (l - x)$$

$$Q_x = \frac{1}{2} g (l - 2x)$$

式中: l ——计算跨径;

x ——支点到所求截面的距离。

2. 活载作用的计算

(1) 荷载横向分布计算

对于一座由多块板条组成的梁桥,或者由多片主梁通过桥面板和横梁组成的梁桥,当荷载 P 作用在桥上时,由于结构的横向刚性会使荷载向 x 和 y 两个方向同时传递,使所有主梁都不同程度地参加工作。求解这种结构的内力属于空间计算理论问题。鉴于作用在桥上的车辆荷载是多个可以纵横向移动的局部荷载,所以解这种空间问题是非常繁重的工作。

目前广泛使用的方法,是将复杂的空间问题转化成简单的平面问题进行求解。其基本原理是从分析荷载在桥上的横向分布出发,求得各梁的荷载横向分布影响线,通过在桥梁横向的最不利布载来计算荷载横向分布系数 m ;有了作用于单片主梁上的最大荷载,就可以按照结构力学方法求出主梁的活载内力值。

由于各种梁式桥有着不同类型的横向联结构造,因此应按不同的横向构造建立计算模型,目前常用以下几种荷载横向分布计算方法:

杠杆原理法 适用于计算荷载位于靠近主梁支点时的横向分布系数。此外也可用于双主梁桥,或横向连系很弱的无中间横梁的桥梁。

偏心压力法 亦称刚性横梁法,当考虑主梁抗扭刚度时,称为修正偏心压力法。适用于横隔梁刚度很大,且在桥的宽跨比 B/l 小于或接近于 0.5 的窄桥。

铰接板法 适用于通过纵向企口缝连接的装配式板桥。有各号板的横向影响线竖标计算表格可供利用。

刚接梁法 对于没有中间横隔梁,翼缘板采用刚性连接的肋梁桥或箱梁桥,可采用刚接梁法计算各梁的荷载横向分布。

比拟正交异性板法 亦称“G-M”法,适用于由主梁、连续的桥面板和多道横隔梁所组成的、桥面较宽的梁格体系桥梁,可利用计算图表计算荷载的横向分布。

在以上方法中,通常用杠杆原理法计算荷载位于支点处的横向分布系数 m ;并根据桥梁结构型式,用其他方法计算荷载位于跨中的横向分布系数 m_c 。

(2) 活载内力计算

如前所述,当活载的荷载横向分布系数确定以后,作用在一片主梁上的荷载数值就可以求出,利用熟知的结构力学方法就可以计算活载作用下,主梁的截面内力。截面内力的计算方法一般有:

①在主梁某项内力影响线上直接布载。其计算公式为:

$$S = (1 + \mu) \xi \sum m_i p_i y_i$$

式中: S ——所求截面的内力,弯矩或剪力;

$(1 + \mu)$ ——汽车荷载冲击系数,可按《桥规》规定取值,对于挂车、履带车和人群荷载, $(1 + \mu) = 1$;

ξ ——多车道桥涵的汽车荷载折减系数;

m_i ——沿桥跨纵向与荷载位置对应的横向分布系数;

p_i ——车辆荷载的轴重;

y_i ——沿桥跨纵向与荷载位置对应的内力影响线竖标值。

②用主梁某项内力影响线面积乘等代荷载。当计算简支梁各截面的最大弯矩和跨中最大剪力时,取跨中荷载横向分布系数 m_c ,利用等代荷载计算内力,其公式为

$$S = (1 + \mu) \xi m_c k \Omega$$

式中: k ——行车辆或履带荷载的等代荷载值;

Ω ——弯矩或剪力影响线的面积。

③利用有关桥梁设计资料中的表格,通过查表直接求得主梁的截面内力 M 和 Q 值。

(3)荷载组合及系数

钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥,按承载能力极限状态设计时,荷载组合及荷载安全系数按下列规定采用:

当恒载与活载产生同号内力时:

$$1.2S_G + 1.4S'_{Q1} \quad (1)$$

或

$$1.2S_G + 1.1S''_{Q1} \quad (2)$$

《公预规》还规定:(1)式中 S_G 和 S'_{Q1} 的系数按以下情况提高:汽车荷载效应占总荷载效应 5% 及以上时,提高 5%;33% 及以上时,提高 3%;50% 及以上,不再提高。(2)式中 S_G 和 S''_{Q1} 的系数按以下情况提高:挂车或履带车荷载效应占总荷载效应 100% 及以下时,提高 3%;60% 及以下时,提高 2%;45% 及以下,不再提高。

当恒载与活载产生异号内力时:

$$0.9S_G + 1.4S'_{Q1}$$

$$0.9S_G + 1.1S''_{Q1}$$

当主梁各截面内力值确定以后,即可根据内力值进行截面配筋设计,并根据《公预规》中规定的方法进行截面强度的验算以及局部承压强度计算。以上属承载能力极限状态计算内容。

三、变形、裂缝宽度及预应力损失计算

采用极限状态设计的桥梁,应进行正常使用极限状态的计算。

1. 变形验算

钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥,主梁在短期使用荷载作用下的挠度,可根据给定的主梁刚度用材料力学的方法计算。其截面刚度分别采用 $0.85E_h I_{ol}$ 和 $0.85E_h I_o$; 其中 E_h 为混凝土的弹性模量; I_{ol} 为开裂截面的换算惯性矩; I_o 为构件换算截面的惯性矩。

钢筋混凝土和预应力混凝土简支梁桥,以汽车荷载(不计冲击力)计算的上部构造最大竖向挠度,不应超过下列允许值:主梁跨中: $L/600$ (L 为计算跨径); 当用平板挂车或履带荷载验算时允许值为 $L/500$ 。

桥梁应设置预拱度,其值等于结构重力和半个汽车荷载(不计冲击力)所产生的竖向挠度。应做成平顺曲线。对于预应力混凝土梁桥,还应考虑预加应力引起的反拱值。当向下挠度不超过跨径的 $1/1600$ 时,可不设预拱度。

2. 裂缝宽度验算

矩形、T形和工字形截面的钢筋混凝土主梁,其最大裂缝宽度 ζ_{fmax} (mm) 可按下列公式计算:

$$\delta_{fmax} = C_1 C_2 C_3 \frac{\sigma_g}{E_g} \left(\frac{30 + d}{0.28 + 10\mu} \right)$$

在一般大气下,钢筋混凝土主梁在荷载组合 I 作用下,算得的最大裂缝宽度不应超过 0.2 mm; 在荷载组合 II 或组合 III 作用下,不应超过 0.25 mm。处于有侵蚀性气体或海洋大气下的钢筋混凝土构件,容许裂缝宽度不应超过 0.1 mm。

3. 预应力损失计算

按正常使用极限状态设计时,预应力应作为荷载计算其效应。构件预加应力时,预应力钢筋在构件端部(锚下)的控制应力 σ_K 应符合下列规定:

对于钢丝、钢绞线: $\sigma_K \leq 0.75 R_y^b$

对于冷拉粗钢筋: $\sigma_K \leq 0.90 R_y^b$

R_y^b 为预应力钢筋抗拉标准强度。

当计算构件截面应力和确定钢筋的控制应力时,应计算由下列因素引起的预应力损失值:

① 预应力钢筋与管道壁之间的摩擦

$$\sigma_{s1} = \sigma_K [1 - e^{-(\mu\theta + kx)}]$$

② 锚具变形、钢筋回缩和拼装构件的接缝压缩

$$\sigma_{s2} = \frac{\sum \Delta l}{l} E_y$$

③ 混凝土加热养护时,预应力钢筋与台座间的温度差

$$\sigma_{s3} = 2(t_2 - t_1)$$

④ 混凝土的弹性压缩

$$\text{后张法 } \sigma_{s4} = n_y \sum \Delta \sigma_{h1}$$

$$\text{先张法 } \sigma_{s4} = n_y \sigma_{h2}$$

⑤ 预应力钢筋的应力松弛

冷拉粗钢筋 一次张拉 $\sigma_{s5} = 0.05 \sigma_K$

超张拉 $\sigma_{s5} = 0.035 \sigma_K$

钢丝、钢绞线 一次张拉 $\sigma_{s5} = 0.07 \sigma_K$

超张拉 $\sigma_{s5} = 0.045 \sigma_K$

⑥混凝土的收缩和徐变可按《公预规》附录九规定计算。

这里只列出了简支梁桥设计计算的主要内容。具体的计算过程和方法还应参照公路桥梁设计规范和结构设计原理等进行。本章所列的各种计算方法将在以后章节中通过计算示例进一步加以详细介绍。所列各计算公式中符号的意义,请查阅《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023—85)。