

667541

55143
7/9011
T. 7

GANGQIAO

7

〔日〕小西一郎 编

钢 桥



中国铁道出版社

143
9011
7

是数

利用

事人也

特别声

读书

卡可以

的权

图书馆

向盗版

数字图

24/2

日起生

解决

55143
7/9011
T. 7

667541

55143
7/9011
T. 7

钢 桥

第七分册

〔日〕 小西一郎 编

韩 毅 韩圣福 孟广德 译

李富文 韩 毅 校

中 国 铁 道 出 版 社

1982年·北京

内 容 简 介

本分册系统地叙述了钢桥设计所用的荷载、材料、安全系数、安全度和可靠度，并对钢桥的强度设计法等方面作了详细的介绍。

本书可供高等院校桥梁专业师生和有关工程技术人员参考。

参加本书翻译工作的有韩毅、韩圣福、孟广德、王湘云。

参加本书校订工作的有李富文、韩毅。

钢 桥

第七分册

〔日〕小西一郎 编

韩 毅 等 译

中国铁道出版社出版

责任编辑 王能远

封面设计 赵敬宇

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：10.125 字数：253 千

1982年9月第1版 1982年9月第1次印刷

印数：0001—2,700册 定价：1.10元

出版说明

本书是一部详细阐述现代桥梁设计理论及设计方法的巨幅著作。原书共四册,分为设计篇及基础篇。前者阐述各式桥梁的设计方法及介绍结构实例,后者着重介绍桥梁设计所用的基础理论及基本资料。

虽然本书是针对钢桥写的,但本书中所述设计原则及力学分析也适用于同样结构型式的钢筋混凝土桥及预应力混凝土桥。我们深信本书的翻译出版,将有助于我国桥梁事业的发展。

为了及早与读者见面,我们将全书分为11个分册陆续出版。

全书主要内容及分册划分见下页。

74140/101

原 书	内 容	译 本
设计篇 I	第 一 章 桥面系构造	第一分册
	第 二 章 板梁桥	第二分册
	第 三 章 桁架桥	第三分册
设计篇 II	第 四 章 拱桥 第 五 章 斜拉桥	第四分册
	第 六 章 悬索桥	第五分册
	第 七 章 曲线桥、斜桥 第 八 章 纵向联结系、横向联结系、桥门架 第 九 章 支 座	第六分册
	第 一 章 绪 论 第 二 章 荷 载 第 三 章 结构材料 第 四 章 安全系数、安全度、可靠度 第 五 章 强度设计法	第七分册
基础篇 I	第 六 章 构件连接法 第 七 章 平板理论 第 八 章 格子梁理论	第八分册
	第 九 章 屈曲理论 第 十 章 构件设计	第九分册
	第 十 一 章 抗风设计 第 十 二 章 抗震设计	第十分册
基础篇 II	第 十 三 章 钢结构的安全性、可靠性的统计学方法 第 十 四 章 电子计算机的应用 第 十 五 章 特大桥的架设	第十一分册

基础篇 I 绪 言

战后，钢桥之所以获得惊人的发展，乃由于结构、钢材、焊接、强度设计法的进步及电子计算机的划时代的实际运用；另外，也由于最近日本在横跨海峡的大跨度桥梁的规划、设计、施工过程中，随着长大桥梁的架设问题出现了抗风设计，抗震设计等新的重要研究课题的结果。因此，用于研究大型结构的安全度与可靠度等新课题的统计方法，在理论上也获得了长足的进展。

本篇考虑了上述观点，叙述钢桥设计的必要的基础理论、技术及其应用等问题。基础篇共15章，本册是其前半部分。在出版设计篇的当时，曾计划将基础篇汇集成一册，后来改变了这一计划，分为基础篇 I，II 两册。其主要原因是：在编写基础篇时，发现原计划预定的页数，在很多章节中不能详尽地包括钢桥的最新理论与实践问题，所以不得不增加篇幅，考虑到使用上的方便，决定分为两册。

基础篇 I 的内容是由叙述钢桥的发展、展望的绪论开始，然后在 2 ~ 4 章讲述荷载、结构材料、安全系数、安全度及可靠度等基本内容。第五章叙述强度设计法，第 6 章讲杆件连接法；然后在第 7 ~ 10 章中用较大篇幅叙述了可以称为钢结构的基础理论的平板理论、格子梁理论、屈曲理论和杆件设计。

在基础篇 II 中叙述了抗风与抗震设计、安全度与可靠度的统计方法问题以及电子计算机的应用。在最后一章阐述了长大桥的架设理论并列举了实例。

编者 小西一郎

1977年 5 月 5 日

基础篇 I 执笔者名单

- | | | |
|-----|----------------|------------------------------------|
| 1章 | 绪论 | 小西一郎 |
| 2章 | 荷载 | 小西一郎, 山田善一,
小堀為雄, 白石成人,
渡辺英一 |
| 3章 | 结构材料 | 小西一郎, 西村 昭 |
| 4章 | 安全系数安全度
可靠度 | 小西一郎, 篠塚正宜,
高岡宣善 |
| 5章 | 强度设计法 | 西村 昭, 山田善一,
福本嘯士 |
| 6章 | 杆件连接法 | 小西一郎, 西村 昭 |
| 7章 | 平板理论 | 成岡昌夫 |
| 8章 | 格子梁理论 | 小松定夫 |
| 9章 | 屈曲理论 | 小松定夫, 福本嘯士 |
| 10章 | 杆件设计 | 西村 昭, 福本嘯士 |

目 录

第一章 绪 论	1
第二章 荷 载	6
2.1 荷载的分类	6
2.1.1 概述	6
2.1.2 公路桥与铁路桥的荷载	6
2.2 恒 载	8
2.3 活 载	10
2.3.1 概述	10
2.3.2 公路桥的活载 (公路桥规范1.8.4)	11
2.3.3 铁路桥的活载 (铁2.3)	16
2.4 冲 击	17
2.4.1 概述	17
2.4.2 设计规范的冲击系数	18
2.4.3 桥梁自振频率	20
2.4.4 移动荷载引起的桥梁振动	23
2.4.5 车辆运行引起的桥梁振动	26
2.5 风 载	29
2.5.1 概述	29
2.5.2 基本风速和设计风速	30
2.5.3 空气动力系数和风载	31
2.5.4 抗风设计法的实例	32
2.6 地震荷载	36
2.6.1 概述	36
2.6.2 地震和地震荷载	36
2.6.3 抗震设计法	39
2.6.4 铁路桥的设计地震系数	44
2.7 温度变化	44
2.8 其他荷载	46
文 献	47
第三章 结构材料	51
3.1 概 论	51
3.2 钢	51
3.2.1 炼钢的历史	51
3.2.2 炼钢过程	52
3.2.3 钢材的缺陷	53
3.2.4 钢铁的性质	54

3.2.5 钢的机械性能	56
3.2.6 桥梁结构用钢的种类	71
3.2.7 铸铁、铸钢、锻钢	78
3.2.8 型钢	81
3.3 铝和铝合金	84
3.3.1 种类	84
3.3.2 铝合金的调质和质别标号	86
3.3.3 一般性质	88
3.3.4 在桥梁上的应用	89
文 献	90
第四章 安全系数、安全度、可靠度	92
4.1 安全系数的概念	92
4.2 荷载系数	93
4.2.1 关于荷载系数的构想	93
4.2.2 荷载系数的确定方法	96
4.3 用概率论方法分析安全度和可靠度	97
4.4 荷载及强度为随机过程时的可靠度分析	101
4.4.1 只考虑荷载为一个随机过程的情况	101
4.4.2 荷载及强度均为随机过程的情况	102
4.4.3 考虑时间因素时安全系数的概率评价	104
4.5 结构系统的可靠度	105
4.6 极限状态设计法	108
文 献	112
第五章 强度设计法	114
5.1 概论	114
5.2 容许应力设计法, 荷载系数设计法	115
5.2.1 容许应力设计法	115
5.2.2 荷载系数设计法	119
5.2.3 荷载系数法与容许应力法的比较	121
5.3 塑性设计法	125
5.3.1 塑性铰与杆件的屈服条件	125
5.3.2 塑性分析	130
5.3.3 最小重量设计	134
5.3.4 变动荷载	136
5.4 疲劳强度和耐劳设计	138
5.4.1 概述	138
5.4.2 结构单元的疲劳强度	139
5.4.3 实际工作应力下的疲劳	143
5.4.4 耐劳设计法	147
文 献	152

第一章 绪 论

桥梁的历史是随着人类历史的发展而发展起来的。初期的桥梁是与当时生活相联系的人类智慧的产物,采用天然的材料巧妙地达到实用的目的。由原始时期的桥梁发展到近代桥梁曾经经历了漫长的路程。

用具有优越性能的钢作为结构材料的近代桥梁,在政治、经济、社会和文化等方面都占有重要的地位。日本从明治初期引入欧洲形式的桥梁之后才产生了近代桥梁,其中有名的是关东大地震后建设的东京隅田川桥梁群及根据大阪市第一次城市规划而建设的大阪市区的桥梁群。这些从大正末期至昭和初期的近代桥梁的详细情况在很多旧文献中都有叙述,例如:前者可在众所周知的资料文献¹⁾中见到,后者在文献²⁾中有记述。

这个时期的钢桥完全用铆钉连接,结构分析则是简化为几个平面结构来计算的。这个时期的结构分析理论是以平面结构力学为基础的。Müller-Breslau³⁾、J. Melan⁴⁾、Fr. Bleich⁵⁾等人的名著是这个时期采用的钢桥理论的代表作,它们直至今日仍然是重要的文献。此外,尚有分析钢桥结构和细节的 G. Schaper 的名著。另外,作为日本的钢桥著作有三浦七郎的全三卷⁷⁾,它是当时日本钢桥设计的优秀指导书。这些著作从编者学生时代起一直是较好的参考书。

第二次世界大战后,钢桥有了很大的变革。这是由于钢材、焊接、结构及分析方法等综合技术的发展使钢桥改变了面貌。1954年编者在土木学会关西分会报告会上发表的题为“桥梁结构的最新成就”的拙著曾对上述有关情况作过介绍。当时德国是桥梁技术的先驱,其详细情况的报告见德国月刊杂志 Stahlbau。值得指出的是,在来因河 köln-Deutz 桥的纪要中是这样记载的:“这座桥不仅是桥梁技术工作者的成果,而且也是航空技术工作者、造船技术工作者和振动工程学专家等通力协作的成果。”这座桥是战后大跨度箱梁桥的先驱。

回顾二次大战后到现在,钢桥发展的历程可概括如下:

(1) 桥梁结构的立体化

战后桥梁结构划时代的重要标志是以减轻恒载、结构的立体化、采用焊接结构等为重点的改革。沿着这个方向,在技术方面改进了桥面板、板面系结构,采用了钢桥面板,因而产生了格子梁、结合梁及箱形梁等新型结构,给历来以平面结构组合为主的桥梁结构带来了较大的变革;采用了飞机机体结构和船体结构常用的、以肋板加劲的平板构成的所谓薄壁空间结构。用薄壁结构力学进行结构分析,其中涉及到很多在平面结构中不常考虑的扭转问题,需以扭转中心、剪力流、弯曲扭转等理论来进行结构分析了。

(2) 采用焊接性能良好的高强度钢和超高强度钢

在大跨度桥梁的设计应力中,恒载所占的比例比活载所占的比例大,随着跨度的增大,这种比例关系也越来越大。因此,从设计的经济方面来说,对于大跨度桥梁,考虑减轻桥梁结构的自重是很重要的,而且这对于截面组成及构件连接的设计也很重要。战前,日本的部分桥梁曾使用过锰合金高强度钢,但是,焊接性能良好的高强度钢的实用化则是战后的技术成果。

1952年以来,日本材料试验协会(现为材料学会)开始试制并综合研究了西德 St52 和

H.S.B50系统的、可焊性良好的钢桥使用的高强度钢,取得了圆满的成果⁹⁾。包括其他各国在内的有关钢桥用钢材的变革情况可参阅文献¹⁰⁾。此外,在港大桥建设过程中,采用了80公斤和70公斤级的高强度钢,它是日本发展和使用超高强度钢的重大成果。1974年建成的港大桥是中跨为510 m的悬臂桁架桥,在这种结构形式的桥梁中,它现在居于世界第3位。在总重40000 t钢材中,使用了80公斤级高强度钢4197 t,70公斤级高强度钢1075 t;最大板厚:中间塔柱基础部分为100 mm,弦杆腹板为75 mm。各构件均为焊接箱形截面,在现场架设时用高强度螺栓连接。

根据美国AASHO公路桥标准规范,在1969年第10版的规范中已采用了80公斤级高强度钢,规定A-514、A-517为高屈服强度、经过淬火、回火处理的钢材,并列出了各自的容许应力。关于超高强度钢的研究与使用,美国和日本较欧洲各国先进。西德已开始使用屈服强度为700 N/mm² ($\approx 70 \text{ kg/mm}^2$)的StE-70,苏联开始使用C85/75,这些类型的钢都相当于80公斤级的高强度钢。

(3) 强度设计法

由于桥梁是公共建筑物,所以各国都规定了反映本国情况的桥梁标准规范,并在实际中使用。这种标准规范都规定有对桥梁设计必需的最低限度的条件、设计方法及其他。钢桥标准规范不是固定不变的,需经常采用新技术及各种研究成果,经过一定时期进行修订。美国的AASHO通常每隔四年就重新修订。这些标准规范的强度设计法多采用容许应力设计法。

经过多年的技术实践,这种容许应力设计法经不断改进,迄今仍在使用。但这种设计法是以线性理论为基础的,所以在超载(超级大风,地震等)的作用下,或在多种荷载同时加载时,则用提高容许应力值的方法进行设计。按标准规范的条款设计的钢桥,当设计荷载作用时能得到正常的答案,但对于承载力问题,这种基于线性理论的容许应力法是不适用的。当确切考虑钢桥的承载力与安全度问题时,现行的容许应力法包含了很多不合理性。为了克服这种缺点,使设计方法更加合理,提出了荷载系数设计法。在日本,这种荷载系数设计法尚未用于钢桥设计,但美国的AASHO公路桥标准规范1973年第11版已开始规定和以前的容许应力设计法同时并用,对以前的规定进行了较大的改革。

(4) 电子计算机的应用

最早将电子计算机应用于结构分析的是航空工程人员,结果产生了适用于用电子计算机求解的矩阵法。该法可概括地分为位移法、力法及二法并用的混合法。矩阵法最初以杆系结构的分析为对象,其后将同一原理扩展到连续体,而发展为有限元法(FEM)。

关于结构分析,本书尽量从电子计算机的应用方面将分析法加以归纳,因而从前被认为不可能设计的复杂结构物也能够很容易地进行分析。这在钢桥的设计实践上可以说起着很大的作用。电子计算机不仅用于结构分析和设计计算,而且也广泛用于包括设计、制造和架设的系统分析上。关于电子计算机的应用将在基础篇Ⅱ第14章中详细阐述。

(5) 战后日本钢桥的实际成就及其向长大跨度的发展

如上所述,战后桥梁技术的进步在桥梁史上是划时代的,特别是战后日本桥梁的建设,随着经济和社会的发展取得了惊人的成就而为世界各国所瞩目。

为了综观日本钢桥在数量上的进展,以图1.1及表1.1表示日本钢桥每年所需的总用钢量,表1.2示保证钢桥用钢的日本钢产量的年度变化。

由表1.1可知,每年钢桥总用钢量,1971年公路钢桥、铁路钢桥及其他加在一起超过了60万吨。如果以Golden Gate桥总用钢量76000 t来衡量,则钢桥用钢量的规模就可以掌握

了。急剧上升的钢产量由于石油危机而有所衰退，影响了发展，要大量供给优质的结构钢，钢桥建设的飞跃发展才有可能。

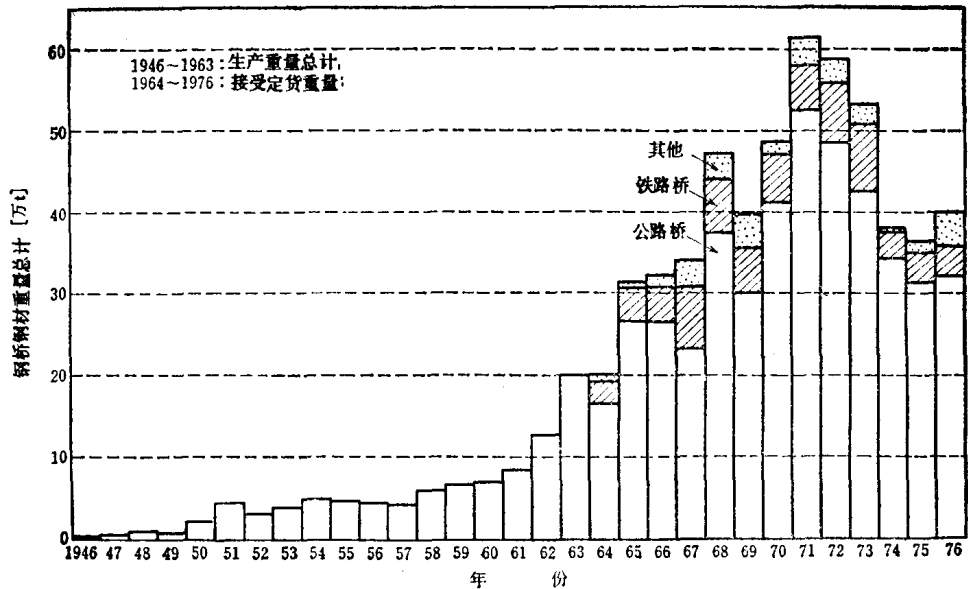


图1.1 日本各年度钢桥钢材总用量变化表

表1.1 日本钢桥各年度总用钢量表 (单位: t)

年 份	公路桥	铁路桥	其 他	合 计	年 份	公路桥	铁路桥	其 他	合 计
1946	—	—	—	3749	1961	—	—	—	84544
1947	—	—	—	5016	1962	—	—	—	127022
1948	—	—	—	9972	1963	—	—	—	202521
1949	—	—	—	7551	1964	165523	28787	8641	202951
1950	—	—	—	20556	1965	266411	40711	7431	314553
1951	—	—	—	44628	1966	265750	43368	13299	322417
1952	—	—	—	30636	1967	233505	74029	34402	341936
1953	—	—	—	38668	1968	374926	66001	31687	472614
1954	—	—	—	48612	1969	300963	54978	42563	398504
1955	—	—	—	46338	1970	413037	57581	15152	485770
1956	—	—	—	44522	1971	527632	54568	32685	614858
1957	—	—	—	42888	1972	487671	72301	28693	588665
1958	—	—	—	59978	1973	425383	84642	22688	532713
1959	—	—	—	66612	1974	343519	32851	4367	380730
1960	—	—	—	69108	1975	313510	37002	14125	364637
					1976	320248	38810	41868	400926

注：1946~1963为生产重量（通产省机械统计月报统计）
1964~1976为接受订货重量（日本桥梁建设协会统计）

如表1.2所示，在战后的1946年，原钢生产仅为1915年56万吨的水平，经过数次钢铁合理化计划，在战后20多年的1973年生产量就突破了一亿吨，这是一个惊人的成就。

随着日本经济的增长，为了有效地发展狭小的国土，构思了横跨海峡的本州四国联络桥，并于1970年成立了本州四国联络桥公团，使日本一跃而向实现大跨度桥梁的方向发展，这在日本桥梁史上是应该大书特书的大跃进。

表1.2 日本钢的历年生产量变化表 (单位: 万吨)

年次	生 产 量				备 考 (粗钢生产量)
	粗 钢	钢 材			
		普通钢热轧	特殊钢热轧***	计	
1901 (明34)	0.9	0.6	—	0.6	世界8250, 英国2647 战前最高 大正 4 年水平 世界18930, 美国8785 突破 1 千万t 世界第 3 位

* 第一次铁钢合理化计划

(根据铁钢联盟“铁钢统计要览”及基础统计委员会资料)

** 第二次铁钢合理化计划

*** () 内, 为结构用钢

(6) 随机现象 (抗风、抗震) —大型结构的安全度、可靠度的概率统计方法^{13) 14)}

一般情况下, 在考虑规划、设计和建造过程中, 面临的最大问题之一就是如何处理结构所处的环境中存在的随机现象, 这种随机现象不但存在于由风、地震、波浪等引起的外力中, 而且有时也必须考虑结构所用材料本身强度的随机性。这种随机现象目前尚未充分进行系统的研究。使结构强度受到重要影响的工艺质量, 无论是工厂装配的或现场架设的, 都存在着一个优劣问题。例如, 对于结构构件的稳定问题, 它对构件端部情况及几何随机性是很敏感的, 那么工艺质量的重要性就可以理解了。

其次还要考虑作用于结构上的外力的随机变动以及结构固有的动态特性。桥梁、建筑物、船舶、飞机及其他凡是称为结构的都具有这样的动态特性和变形特性。这些结构受外部条件的作用, 例如: 风、地震、波浪及温度变化等, 结构越是大型化, 这些作用就越要随时间和空间的变化而变化, 即构成外部条件的地球物理学现象和结构本身的相对大小纠缠在一起, 使外部条件的随机性增大, 因此就不能象考虑小型结构那样, 认为它是规则的。

随着结构的大型化 (就钢桥而言是跨度的增大), 上述的随机现象是必须考虑的环境特性。这种随机现象和结构的相互关系是受结构本身的动态特性所左右的。因此, 随着结构的大型化, 结构的安全度必须根据动态来进行研究, 称为安全度的动态方法, 即应根据随机现象的概率统计与结构的动态特性两者之间的关系来探索结构的安全度和可靠度。日本地处台

风和地震的频发地区，所以在长大桥的抗风、抗震设计中，安全度与可靠度是重大问题。基础篇Ⅱ第13章将叙述随机现象的概率统计的处理方法、钢结构抗风设计的统计方法、钢结构抗震设计的统计方法及其他模拟技术在安全度和可靠度分析中的应用问题等。

以上概述了战后至今的钢桥研究、技术进步及发展过程。在编写本书的过程中，充分考虑到上述各点的基础篇和设计篇，特别是基础篇，根据上述战后钢桥的发展方向，安排了钢桥的设计基础理论及应用。

支承钢桥的下部结构是重要的结构。像日本这样松软地基上的基础工程及横断海峡的海中基础工程，它们均分属于专门领域，故有关这些内容，本书未加叙述。钢桥的桥式选择及桥梁美学也是非常重要的，这是无论现在或将来都必须慎重考虑的课题。关于这些问题，编者和执笔者也各有不同的见解和评价，本书就不论述了。

文 献

- 1) 成瀬勝武：関東震災と隅田川の橋梁群，土木学会誌（1975.1），pp.59～62.
- 2) 土木学会関西支部編：関西の土木100年（1968.5），pp.77～112.
- 3) Müller-Breslau: Die graphische Statik der Baukonstruktionen, Bd. I (1927); Bd. II, 1 Abteilung (1903); Bd. II, 2 Abteilung (1925).
- 4) Melan, Joseph: Der Brückenbau, I Bd., II Bd., III Bd. 1 Hälfte, 2 Hälfte (1921～1924).
- 5) Fr. Bleich: Theorie und Berechnung der eisernen Brücken (1924).
- 6) Schaper, Gottwalt: Feste stählerne Brücken (1934).
- 7) 三浦七郎：鋼橋，上・中・下巻.
- 8) 小西一郎：橋梁構造の最近の進歩，土木学会関西支部講習会，橋梁工学の最近の動向（1954），pp.1～25.
- 9) 日本材料試験協会誌，材料試験，4，23（1955）.
- 10) 小西一郎：橋梁材料の変遷，スチールデザイン，164（1977），pp.22～26.
- 11) 阪神高速道路公団編：港大橋工事誌（1975）.
- 12) AASHO: Standard Specifications for Highway Bridges, 11th Edition (1973).
- 13) Freudenthal, A.M. (Ed.): Structural Safety and Reliability (1972), Pergamon Press.
- 14) Freudenthal, A.M., Shinozuka, M., Konishi, I., Kanazawa, T. (Eds.): Reliability Approach in Structural Engineering (1975), Maruzen.

第二章 荷 载

2.1 荷载的分类

2.1.1 概 述

作用于桥梁之上、使其产生应力与变形的原因称为桥梁的荷载。在设计过程中最重要的是桥梁的结构分析, 破损分析及荷载分析 (environmental and/or load analysis)¹⁾。其中, 结构分析的迅速进步, 特别是由于有限单元法、电子计算机的发展和应用, 以前不可能进行应力分析的, 现在也有了可能。另外, 破损分析同样也有了很大的进步, 关于材料特性的知识, 如疲劳、徐变、脆性破坏等, 由于实验及理论研究而逐渐明确起来。

与此相反, 虽然荷载分析是更为重要的问题, 但在实际设计中, 尚未看到有足够的发展。然而, 随着钢结构的大型化, 荷载分析的重要性越来越大。作用于大型结构的荷载, 特别是风载、地震荷载及波浪荷载是极为重要的。因此, 应观测风、地震、波浪等不规则现象, 从工程实际出发, 进行合理的统计, 掌握它们的重现期望值和结构的使用年限, 以此作为设计的依据。但是像公路活载那样, 即使采用统计方法, 而由于人的观点不同和操作的影响, 其发生机率有时也不能正确掌握, 这说明荷载问题的难度。

本章将分别叙述各种荷载, 而关于荷载的组合、荷载的安全系数等问题将在第4章叙述, 荷载系数法将在第5章叙述, 请参阅。

荷载可以根据不同观点分类^{2)~5)}。首先, 可以分为主要荷载及次要荷载。前者是经常作用的荷载, 而后者是非经常作用的荷载。另外, 根据时间来分也可分为静载与动载。静载, 不言而喻是静止不变的荷载。相反, 所谓动载是随时间变动的荷载, 故地震、风等随机荷载和规则地反复作用的荷载、或短时间的冲击作用荷载及车辆移动而产生的荷载等, 均属动载。其次, 根据荷载的力学效应可分为轴向荷载 (压缩、拉伸), 横向荷载 (剪切、弯曲), 弯曲荷载, 扭转荷载, 根据分布状态可分为集中荷载与分布荷载。也可以分为由于质量或惯性作用引起的荷载, 如体力与面力, 和非由质量或惯性引起的荷载。

2.1.2 公路桥与铁路桥的荷载

日本的公路桥与铁路桥, 原则上按公路桥规范⁶⁾与铁路桥规范⁷⁾中所规定的荷载进行设计。在国外, 也分别考虑各自的荷载, 其代表性的规范有 AASHO 公路桥标准规范⁸⁾, AREA 铁路桥规范⁹⁾, 英国的钢梁桥规范 BSI153¹⁰⁾、西德的 DIN1072¹¹⁾ 及西德的铁路桥计算规程 BE¹²⁾ 等。

表2.1为日本公路桥和铁路桥规范所考虑的荷载¹³⁾。这些荷载在下面详述。

(1) 公路桥的荷载 (公路桥规范1.8.1)⁶⁾

设计上部结构时要考虑下列荷载:

(i) 主荷载 包括恒载 (D)、活载 (L)、冲击 (I)、预应力 (PS)、预加

应力的混凝土徐变影响 (PCR)、预加应力的混凝土干燥收缩的影响 (PSH)。它们是设计主要结构部分时必须考虑的经常起作用的荷载。

表2.1 荷载种类

荷载种类	公路桥			铁路桥		
	钢桥	混凝土桥	下部结构	钢桥	混凝土桥	下部结构
恒载	○	○	○	○	○	○
活载	○	○	○	○	○	○
冲击	○	○	○	○	○	○
离心力	△			○	○	○
车辆横向荷载				○	○	○
制动力及牵引力	△		△	○	○	○
长钢轨纵向荷载				○	○	○
风载	○	○	○	○	○	○
温度变化影响	○	○	○	○	○	○
地震影响	○	○	○	○	○	○
雪荷载	○	○	○	△	○	○
土压力		△**	○			○
水压力			○			○
波浪压			○			○
冰压			○			
浮力或上扬压力			○			
支点移动影响	○	○		△	○	○
支点摩擦影响			○			
地基变动影响			○			
预应力	△*	○	○		○	
混凝土徐变影响	△*	○	○		○	○
混凝土干缩影响	△*	○	○		○	○
撞击荷载	○	○	○	○	○	○
安装荷载	○	○	○	○	○	○
其他	△	△	△	△	△	△

* 结合梁

** 刚架壁柱 (有△记号者仅在特殊情况时考虑)

(ii) 次要荷载 包括钢筋混凝土桥面板与钢梁之间的温度差 (TD)、风载 (W)、温度变化的影响 (T)、地震的影响 (EQ)、未预加应力的混凝土徐变的影响 (CR)、未预加应力的混凝土干燥收缩的影响 (SH)。它们在设计主要结构部分时虽非经常起作用,但在荷载组合时是必须考虑的荷载。

(iii) 特殊荷载 包括雪荷载 (SW), 离心力 (CF), 支点移动的影响 (SD), 制动力 (BK), 安装荷载 (ER), 撞击荷载 (CO) 及其他荷载等。这些荷载是在设计时除主要荷载或次要荷载外, 根据桥的种类或形式、架桥地点的具体情况必须特别加以考虑的荷载。

在设计下部结构时, 除上述荷载外, 尚须考虑下列荷载:

- (1) 主荷载 土压力 (E)、水压力 (HP)、浮力或上扬水压 (U);
- (2) 次要荷载 由于支点摩擦而产生的影响 (F);
- (3) 特殊荷载 地基变动的影响 (GD)、波浪压 (WP)、冰压 (ICE) 及其他。

(2) 铁路桥的荷载 (日本铁路规范第2章)⁷⁾

铁路桥的荷载如下:

- (i) 主要荷载 恒载 (D)、列车荷载 (L)、冲击 (I)、离心力 (C);
- (ii) 次要荷载 车辆横向荷载 (L_F)、制动力及牵引力 (B)、风载 (W);
- (iii) 其他荷载 温度变化的影响 (T)、地震荷载 (E)、安装荷载 (E_R)、长钢轨纵向荷载 (L_R)、撞击荷载 (M) 及其他荷载。

主要荷载频率大,它是决定主要构件截面的基本荷载。次要荷载与主荷载相比成为较大荷载的频率小,在决定主要构件时,其影响是第二位的。其他荷载是指达到规定值的频率比次要荷载还小的荷载。除这些荷载外,必要时还须考虑混凝土的干缩与徐变以及支点变位的影响等。

2.2 恒 载

所谓恒载就是桥的自重,有如下几种:

- (1) 主梁或主桁和纵向联结系的重量;
- (2) 桥面系 (纵梁、横梁) 的重量;
- (3) 桥面 (桥面板、桥面铺装、车道分隔带) 的重量;
- (4) 桥上各种设备 (栏干,灯杆) 和附属设备 (水管、煤气管、电缆)。

其中 (1) 和 (2) 需待设计完毕后才能准确确定, (3) 和 (4) 能大致确定。由于在各个不同场合材料的单位重量并不相同,它对整个重量有很大影响,所以应尽可能仔细考虑。为了定出标准值,根据多方面调查测定的结果,可采用稍大于表2.2的数值。

表2.2 单 位 重 量 (kg/m^3)

材 料	单 位 重 量	材 料	单 位 重 量
钢、铸钢、锻钢	7850	水泥砂浆	2150
铸 铁	7250	木 料	800
铝	2800	沥青 (防水用)	1100
钢筋混凝土	2500	沥青混凝土铺装	2300
预应力混凝土	2500	道碴砂砾石或道碴碎石	1900
混凝土	2350	铜合金支承板	8500
人造轻质混凝土	1500~1700		

虽然恒载的准确数值需在设计后才能知道,但是在开始设计时必须用适当的方法尽可能地准确估算。一般常用的板梁桥和桁架桥可利用设计资料的公式和图表,但是特殊结构的桥则要参考实例等。不言而喻,设计后与估算值的出入较大时,就要修改假定的恒载再重新设计。

在美国的 BS153¹⁰⁾ 中,如桥面铺装、防护栏、水管及其他在桥梁运营中增加的附属设备,像这一类增加的荷载称为后期恒载,以与原来的恒载相区别。另外桥台等处的填土,利用土的特性指标计算的土压力也认为是一种后期恒载。

桥面系、主桁、桥面和支座的钢重通常是受 (1) 跨长、(2) 桥的形式、(3) 桥的种类、(4) 桥面板的形式以及 (5) 活载所左右的。一般情况下,跨度小时,这种钢重只不过是恒载中的一部分;当跨度很大时,其钢重就是最主要的了。