

図解

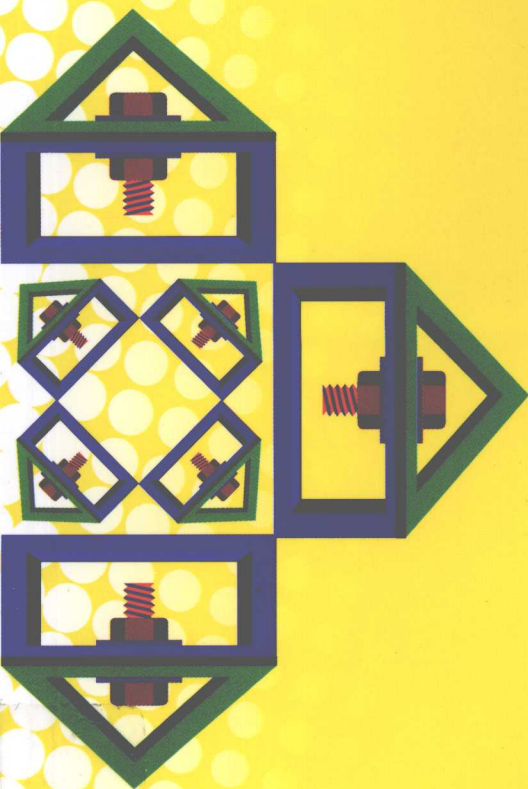
钢结构设计

审 译 著 监

校 者 者 修

陈 孙 (日) (日)
志 棣 田 栗
华 等 岛 津
富 清
男 藏

(日)
德
山
昭



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



絵とき鋼構造の設計 ●

图解 钢结构设计

监修 (日) 栗津清藏

著者 (日) 田岛富男 (日) 德山昭



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书将钢结构的知识要点配合插图,以立体直观的方式表现出来,使读者能够很快地消化吸收。即使没有亲自到过施工现场,也能对钢结构有所了解。同时,本书将钢结构设计理论及其计算很好地结合起来。虽然设计时如何进行计算分散在各个章节中,但是其整体过程贯穿于始终。本书深入浅出,对钢结构初学者理解知识点非常有帮助。本书可以作为工科类高校、专科学校等钢结构的入门教材。

Original Japanese edition

Etoki Koukouzou no Sekkei(kaitei 3 pan)

Supervised by Seizou Awazu

Written By Tomio Tajima and Akira Tokuyama

Copyright © 2003 by Tomio Tajima and Akira Tokuyama

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese Language edition published by China Electric Power Press

Copyright © 2009.

All rights reserved.

本书中文简体字翻译版由中国电力出版社有限公司出版。未经出版者预先的书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号:01-2007-2513

图书在版编目(CIP)数据

图解钢结构设计/(日)田岛富男,(日)德山昭著;孙康等译.——北京:中国电力出版社,2009
ISBN 978-7-5083-8732-1

I. 钢… II. ①田…②德…③孙… III. 钢结构—结构设计 IV. TU391.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第058840号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路6号 100044

<http://www.cepp.com.cn>

责任编辑:关童

电话:010-58383245

E-mail:guan_tong@cepp.com.cn

责任印制:陈焊彬

责任校对:常燕昆

航远印刷有限公司印刷·各地新华书店经售

2009年10月第1版·第1次印刷

889mm×1194mm 1/32·6.625印张·193千字

定价:25.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010-88386685)

前 言

钢与铁不同，纯铁质软，直接将其用于支撑较为困难，但是，如果在其中加入少许的碳元素，则会变成完全不同的坚韧质地。通常制作日本刀所用到的钢，是以砂铁（氧化铁）为原料，以碳作为还原剂进行冶炼。在钢受热时使用铁锤进行锻造，接下来经过淬火工艺后，日本刀就制作完成了。由于其品质好，现如今也有很多名刀流传下来。

钢结构主要是指使用钢材建造的构筑物。目前，钢结构被广泛应用于钢桥、铁塔、水闸等公共建筑。钢桥在所有桥梁中所占的比重相当高。本书以桥梁为例具体介绍钢结构的应用。

一般来说，钢的强度比混凝土还要高，在截面积相同的情况下大约是混凝土的 15 倍。但是，钢的单位重量则比混凝土大 3 倍多。在进行结构设计时，为了使其能支撑其自重，必然要选择截面小的钢，最终建成轻型建筑物。此外，在材质方面，不像混凝土那样是混合材料，钢具有稳定的强度以及加工后能立即使用的优点。但是钢也有缺点，如易生锈、受热后性质易发生变化等。

近年来，钢的强度有了大幅度的改善。

历年来设计规范中适用的强度（容许应力）变化请参见下表：

设计规范 适用年份	大正 15 年 (1926 年)	昭和 14 年 (1939 年)	昭和 31 年 (1946 年)	昭和 39 年 (1954 年)	昭和 42 年 (1957 年)	昭和 47 年 (1962 年)	昭和 55 年 (1970 年)	平成 2 年 (1990 年)	平成 6 年 (1994 年)	平成 14 年 (2002 年)
容许应力 / (N/mm ²)	117	127	127	186	255	255	255	255	255	255
设计车辆荷载 / kN	118	127	196	196	196	196	196	196	245	245

注：本表摘自日《路桥设计规范》。

钢结构作为受拉构件，有着良好的效果。如连接本州岛和四国的明石

海峡大桥[Ⓐ]，其主缆就是使用钢材作为受拉构件。

本书将钢结构的知识要点配合插图，以立体直观的方式表现出来，使读者能够很快地消化吸收。即使没有亲自到过施工现场，也能对钢结构有所了解。同时，本书将钢结构设计理论及其计算很好地结合起来。虽然设计时如何进行计算分散在各个章节中，但是其整体过程贯穿于始终。本书可以作为工科类高校、专科学校等钢结构的入门教材。对于初学钢结构者，这是一本深入浅出，对知识点的理解非常有帮助的教程。

2002年3月，《路桥设计规范》进行了修订。一是将设计规范SI[Ⓒ]化，全部统一为国际单位。二是将原来的对构造物的设计方法使用材料等所有细节均作了详细规定（规定规格型设计法），修改成了现在的性能评估型设计法。性能评估型设计法比较灵活，是为了满足性能要求，使用新技术、新材料而采用的方法。此项举措似乎也是考虑到如何促进对地球资源的再利用，防止资源枯竭等问题而做出的调整。

在性能评估中，判断是否具有以往规定性能或同等以上性能是关键点。因此，本书主要对设计时如何设计弹性范围内的容许应力进行讲解。

此外，文末附录的材料表，由于2003年1月进行了JIS[Ⓓ]的修改，本书再版时使用的是在以往数据的基础上修改后的数据。

如果读者能将此书置于案头，对钢结构抱有一丝兴趣来学习，将不甚荣幸。

最后，在本书发行之际，向所有提出批评、指正的编审人员深深致谢！

著者

Ⓐ 日本明石海峡大桥，位于本州岛与四国之间，主跨1991m（960+1991+960），全长3910m，为三跨二铰加劲桁梁式吊桥。钢桥283m，高出333m桥宽35.5m，双向六车道，加劲梁14m，抗震强度按1/150的频率，承受8.5级强烈地震和抵抗150年一遇的80m/s的暴风设计，为目前世界上跨度最大的悬索桥。

Ⓒ 1960年以来，国际计量会议以米、千克、秒制为基础，制定了国际单位制，简称SI。

Ⓓ 即日本工业规格。

例如，在《混凝土标准设计规范》中，明确规定“柱轴向布置的主钢筋，每根主筋接长位置应上下错开连接”。阪神大地震中，受力钢筋却是在同一高度处的横断面上发生了破坏。由此可见在设计施工中，遵守设计施工规范是何等重要。

目 录

前 言

第 1 章 钢结构基础

① 钢	2
钢源自铁，但强于铁	2
② 设计步骤	5
根据设计条件完成设计	5
③ 设计荷载	8
当实际荷载为设计荷载的 100% 时	8
④ 作用力及应力	15
受压不行的话拉一下看看	15
⑤ 钢材的种类及分类	17
钢材用途不同，材质也有所不同	17
第 1 章复习题	21

第 2 章 构件

① 受拉构件	23
有着很强的抗拉性能的钢索	23
② 长细比	25
粗壮的能力强	25
③ 受压构件	28
受到压力时，内部会产生抗力	28

4	受压构件的设计	33
	受压构件最大的弱点就是屈曲	33
5	受弯构件	36
	弯曲 = 压缩 + 拉伸	36
	第 2 章复习题	48

第 3 章 构件的连接

1	连接的种类	50
	我的媒人是哪位呢?	50
2	焊接的种类	52
	加热使其结合在一起	52
3	焊接符号	54
	看图焊接	54
4	对接焊缝	57
	融合良好地相互焊接	57
5	角焊	59
	赘肉也有用	59
6	焊接强度	61
	弧坑即弱点	61
7	高强度螺栓连接	66
	高强度螺栓的作用	66
8	摩擦型连接	68
	保护好摩擦面	68
9	螺栓个数计算	70
	螺栓战士们以数量取胜	70
10	承压型连接	73
	承压的心即母材的心	73

11 螺栓的紧固	77
一下子猛拧是紧固不了螺栓的	77
第3章复习题	79

第4章 板式梁桥的设计

1 结构及设计步骤	82
几个薄板组合在一起就会变强	82
2 设计条件	85
需求与成本之间的平衡	85
3 概要设计	88
不要忘记设计条件	88
4 桥面板的设计	92
桥面板边缘上的承载力	92
5 作用于主梁上的力	98
桥面板边缘下的主要受力构件	98
6 主梁截面的确定	102
先假定后验算	102
7 主梁变截面	106
角度圆弧过渡	106
8 主梁的拼接	112
大小荷载的汇集	112
9 垂直加劲肋的设计	123
屏风因可折叠而稳定	123
10 斜撑的设计	127
支撑桁的斜撑	127
11 横撑的设计	132
风力的分销商	132

12 支座的设计	135
桥的重量也要靠支承分担	135
第4章复习题	138

第5章 桁架桥的设计

1 结构及设计步骤	140
三力持衡	140
2 设计条件	144
达成设计目标指日可待	144
3 概要设计	146
概要包含了详细条件	146
4 根据影响线计算主桁的应力	149
影响计算效率的影响线	149
5 上弦杆的设计	156
施压与承压的上弦杆	156
6 下弦杆的设计	160
时常要有谦虚之心	160
7 斜杆的设计	162
低头认错	162
8 联结部分的设计	170
奇妙的缀板	170
第5章复习题	172

第6章 其他类型桥的特征

1 拱桥	174
彩虹之桥	174
2 刚架桥	176
硬得咬不动的面条	176

3 格构式梁桥	178
无论在蹦床的哪个点都可以将力分散开	178
4 组合式梁桥	180
夫妻之间相互帮助	180
5 斜拉桥	182
庭松抗雪压	182
6 悬索桥	184
钓鱼时, 鱼就相当于荷载	184
第6章复习题	186
复习题答案	187
附录	191
参考文献	198

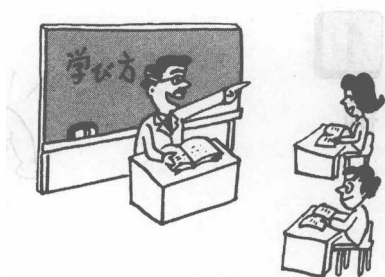
日本阪神大地震

阪神大地震发生于1995年1月17日, 日本时间清晨5时46分, 是日本神户地区遭受的一场巨大灾难, 地震规模达到里氏7.3级, 死亡人数超过6400人。众多房屋建筑由于受到地震的破坏而无法继续使用, 损失巨大。

特别是在依照设计规范建造的阪神高速公路高架桥的桥墩处, 横跨500m发生连续坍塌。由于此公路是按照以往的标准建造的, 当时正在尝试修缮加固, 但万万没有想到在修缮还没有完工的情况下就发生了大地震。

然而, 震级达7级的地震每一百年才可能出现一次, 此次地震远远超过了标准设计规范的抗震极限。但是, 如果在设计规范中规定必须按照防范如此大的地震而进行结构设计, 安全方面可能会大为提高, 相应成本也会变得相当昂贵, 不经济。如何在安全与成本方面取得平衡的确相当困难。然而, 按照设计施工的建筑, 与在施工中发生问题的建筑, 其责任的归属则显而易见。

第 1 章 钢结构基础



钢也被称作“带刃的金属”，其强度及韧性等特征可以说在日本刀上完全得到了体现。钢材作为土木工程中的材料同钢筋混凝土一样，是建筑结构中重要的材料。

钢结构形式多样，可用于桥梁、铁塔等建筑结构的设计。本章中，我们将学习有关钢材的特性、种类及名称等设计时所接触到的基本概念。

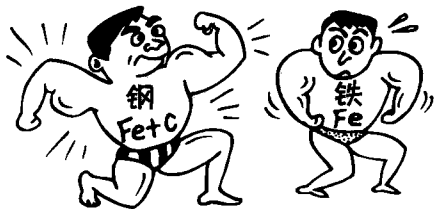
要 点

- ☞ 钢结构的特性 主要学习同混凝土结构相比，钢结构有哪些特性，在维护方面有哪些特点等。
- ☞ 钢结构的种类 主要了解钢材的种类及其名称，学习设计时如何正确地运用。
- ☞ 荷载和应力 学习在设计时遇到的设计荷载和应力等问题。重点介绍集中荷载和假定分布荷载。
- ☞ 安全系数和容许应力值... 在设计时应假定所需材料的强度后再进行设计，此节重点学习确定其强度的基本思路。
- ☞ 设计步骤 了解设计的基本步骤。

1

钢

钢源自铁,但强于铁



钢是铁和碳的合金,比铁强韧

在熔炉中,使用焦炭还原氧化铁,因此炼出来的铁含有很多碳元素(C)。除此之外,再混入硫(S)和磷(P)等杂质,这样炼出来的是非常脆的铁。此状态下的这种脆铁我们称之为“**铤铁**”(即生铁),到此阶段它还只是一种品质很差的初级冶炼物。

从铤铁中除去碳及其他杂质的过程叫做**精炼**,通过精炼来调整碳的含量,就可以炼成柔韧且坚硬的铁,这种铁叫做“**钢**”。根据碳的含量不同,铁的分类见表1-1。

表 1-1 铁的分类

碳元素的含量(%)	0~0.04	0.04~2.1	2.1~6.7
分类	铁	钢	铸铁

如表1-1所示,铁中的碳含量越大,其硬度也越高。随着硬度的升高,最后就如铸铁一样产生了脆性。在钢的分类中,把碳含量在0.2%~0.3%的叫做“**软钢**”,0.5%~0.8%的叫做“**硬钢**”。

钢的性质随冶炼时添加物的变化而变化

铁中碳元素的主要作用是增加硬度和强度,其他还含有硅、锰、铜、镍等元素。此外,磷、硫会减弱钢的强度,因为磷在寒冷时容易使钢变脆,硫在炽热状态下容易使钢变脆,所以二者含量越少钢材的质量越好。根据各类元素含有量的不同、钢材的性质分类见表1-2。

表 1-2

铁的性质

碳	硅	锰	磷/硫	钛	铬	硼	铝	铜	钴
含量增加1%,张拉强度约增加980N/mm ²	增加钢的强度和硬度,效果约为碳元素的1/10	可以提高钢的韧性和淬火特性,在高抗拉强度的钢中一般加入约1.3%左右	有害元素,含量越少钢的质量越好	提高钢的淬火特性	耐磨损,不易生锈,提高淬火特性	含量在0.003%以下,提高淬火特性	加大淬火承受度,高温下张拉强度增大	含量在0.4%以下,耐候性增大,如果含量多断裂的可能性会增大	即使在炽热状态下仍能维持原有硬度

比混凝土成分纯的钢

钢同混凝土相比,除了少量其他混合元素之外,钢材几乎是由铁炼成的单一材料。相对而言,如图1-1所示,混凝土是将水、水泥、碎石、砂等性质不同的成分混合起来而形成的非均质材料,因此在强度上无法达到均一,而钢材在此方面则有着强度稳定的优点。另外,相对混凝土,由于钢材不需要一段逐渐发挥强度的养护期,所以在施工后可以立即使用。此外,还可以对材料部分进行切割焊接,维修简便。并且,钢材主要在工厂加工制造,精度很高。每单位面积的强度也很大,因此构件的截面可以变小,最终形成重量轻的构筑物。至于钢材的缺点方面,由于其易受腐蚀,因此增加了涂层等维护管理费用;在火灾等受热条件下,也易发生构件变质。

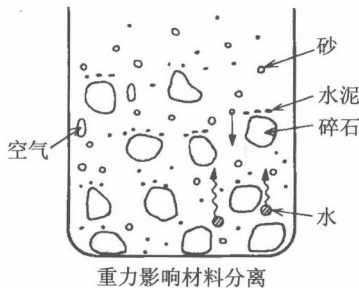


图 1-1 混凝土材料离析

钢结构的种类及实例

钢结构在种类上可以分为只使用钢的构筑物、同时使用钢与混凝土的构筑物,其实例请参照图1-2。

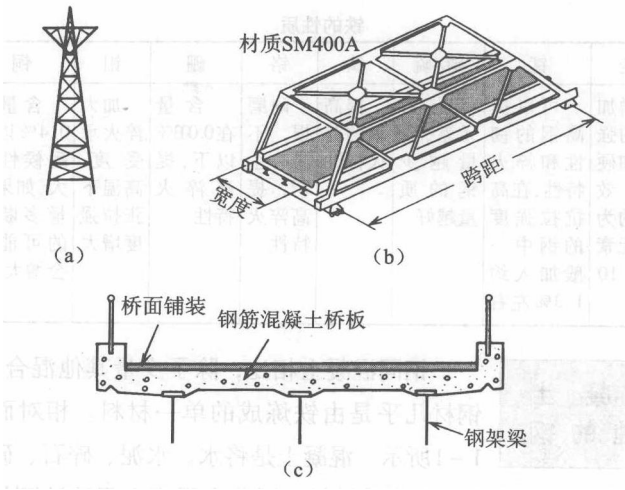
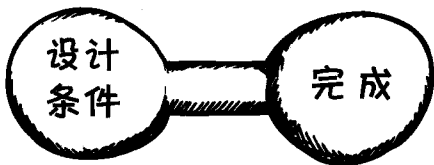


图 1-2 钢结构
(a) 铁塔；(b) 桁架桥；(c) 板梁桥

2

设计步骤

根据设计条件完成设计



在安全和经济之间取得平衡

在设计时，首先要考虑的就是结构的安全性。但如果为了保证安全而使用大量材料就会使造价提高很多。并

且如果使用相同数量的材料时（图1-3），在向上弯曲后，能够承受更大的荷载。在确保设计的性价比的前提下，仔细斟酌截面形状的设计也能节约材料。在以往，历史上

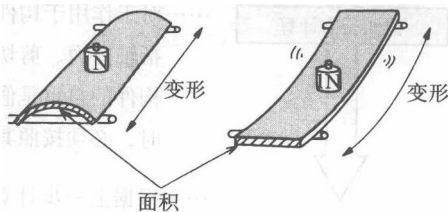


图 1-3

也修建了许多建筑，这些建筑更注重安全，截面部分留有很大的余量，导致很多建筑都不经济。现如今，使用计算机能够计算出横截面积的临界值，再加上使用经过改良后的材料，可以制作成细长的形状，在大大节省材料的同时，也缩小了截面面积。

设计中必须遵守的规则

在设计构筑物时，应按照设计标准进行设计，不能脱离确定的标准。表1-3所示的此类设计标准一般是由日本土木学会、日本道路协会等国家机构

制定的设计规范。为了适应时代的进步，根据需要对原有设计标准正在进行修改，制定新标准。

表 1-3

设计规范

设计规范	出 版	本文略称
路桥设计规范 I. 通用篇 II. 钢桥篇 III. 混凝土桥篇 IV. 下部结构篇 V. 抗震设计篇	日本道路协会编	路桥设规
混凝土标准设计规范	日本土木学会编	土木混凝土设规

