

机/动/工/程/保/障/技/术/系/列/丛/书

军用桥梁结构设计原理

JUNYONG QIAOLIANG JIEGOU
SHEJI YUANLI

主 编 江克斌
副主编 金广谦 赵启林



国防工业出版社
National Defense Industry Press

机动工程保障技术系列丛书

军用桥梁结构设计原理

主 编 江克斌

副主编 金广谦 赵启林

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书根据解放军理工大学道路桥梁与渡河工程专业人才培养方案及工程结构课程标准,结合长期教学实践编写。全书共十五章,涵盖军用桥梁钢结构、木结构和铝合金结构基本构件设计的基本原理。钢结构的主要内容包括军用桥梁钢结构概述、钢结构材料及计算数据取值标准、钢结构连接、轴心受力构件、受弯构件、偏心受力构件和钢桁架设计;木结构的主要内容包括军用桥梁结构用木材、木构件计算以及木结构的连接;铝合金结构的主要内容包括铝合金结构材料特点、铝合金结构的连接设计和基本构件计算简介。书末附有附录,列出了军用桥梁结构设计所需常用数据表格。

本书以国家军用标准《军用桥梁设计准则》(GJB1162—91)为基础,吸收了国内外同类规范及教科书的经验,同时还引进部分最新的教学、科研成果,力求文字简练、深入浅出以及理论联系实际。全书在讲清基本概念和基本原理的基础上,介绍了军用桥梁渡河装备基本构件的设计计算方法,并列举了较多的计算实例。

本书可作为军事院校道路桥梁与渡河濒海工程以及野战工程专业本科的教材,也可作为从事军用道路、桥梁、渡河等器材设计、制造的科研、工程技术人员及研究生学习的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

军用桥梁结构设计原理/江克斌主编. —北京:国防工业出版社,2013.7

(机动工程保障技术系列丛书)

ISBN 978-7-118-08770-3

I. ①军... II. ①江... III. ①军用桥梁-桥梁结构-结构设计 IV. ①E951.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第139129号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 26½ 字数 617千字

2013年7月第1版第1次印刷 印数1—2500册 定价68.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

本书是解放军理工大学道路桥梁与渡河工程专业“工程结构”课程配套教材。该课程原配套教材《桥渡结构设计原理》和《桥渡工程结构》先后在解放军理工大学印刷使用。随着军队院校教育教学改革的不断深入,军用道路桥梁与渡河工程专业人才培养方案和“工程结构”课程标准都作了较大调整,为此,本书根据新的人才培养方案和课程标准,对原配套教材进行了修改,对部分内容进行了精简,使之更便于教学。

由于我国军用桥梁结构设计标准为1991年颁布执行的《军用桥梁设计准则》,本教材仍以国家军用标准《军用桥梁设计准则》(GJB1162—91)为基础编写,吸收了国内外同类规范及教科书的经验,同时引进了最新的教学、科研成果,力求文字简练、深入浅出以及理论联系实际。

全书分三部分。第一部分介绍军用桥梁钢结构基本知识,内容包括钢结构概述、材料、连接、轴心受力构件、受弯构件、偏心受力构件和钢桁架等共8章。第二部分介绍军用桥梁木结构材料、基本构件和木结构连接共3章。第三部分介绍铝合金结构的应用、材料、连接和基本构件共4章。全书力求在讲清基本概念和基本原理的基础上,介绍桥梁渡河装备设计中实用的计算方法,并列举了较多的计算实例。

本书由江克斌担任主编,金广谦、赵启林担任副主编。邵飞、程建生、高磊参加了本书的编写工作。本书第一至第五章由江克斌编写,第六至第八章由金广谦编写,第九章由程建生编写,第十、十一章由高磊编写,第十二、十三章及附录由邵飞编写,第十四、十五章由赵启林编写。全书由江克斌负责统稿。

本书在编写过程中,参考了大量文献资料,书中仅列出了部分主要参考文献。对于所有参考文献的作者,在此一并致以诚挚的谢意。由于编者水平有限,加上时间仓促,书中错漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

二〇一三年二月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 本课程研究对象和任务	1
第二节 各类结构的特点及其适用范围	2
第三节 结构构件设计的基本要求和设计方法	3
第四节 本课程的学习方法	5
第二章 钢结构概述	8
第一节 钢结构的基本特点	8
第二节 钢结构的发展与展望	10
小结	15
思考题	16
习题	16
第三章 军用桥梁钢结构的材料及计算数据取值	17
第一节 钢结构对钢材性能的要求	17
第二节 钢材的性能	18
第三节 影响钢材性能的主要因素	24
第四节 钢材的品种、规格与选用	31
第五节 设计参数取值标准	38
小结	43
思考题	44
第四章 钢结构的连接	45
第一节 钢结构连接分类及其应用	45
第二节 焊接原理与焊缝形式	47
第三节 焊缝的构造要求	56
第四节 焊接连接的计算方法	60
第五节 普通螺栓连接的计算	70
第六节 高强度螺栓连接	82
第七节 单销连接	85
第八节 丙丁接头	89
小结	91

思考题	92
习题	93
第五章 钢结构轴心受力构件	96
第一节 轴心受力构件的特点和截面形式	96
第二节 轴心受力构件的强度、刚度	97
第三节 轴心受压构件的整体稳定性	99
第四节 轴心受压构件的局部稳定	110
第五节 实腹式轴心受压构件的设计	117
第六节 格构式轴心受压构件	124
小结	133
思考题	134
习题	134
第六章 受弯构件	136
第一节 概述	136
第二节 受弯构件的强度与刚度	137
第三节 受弯构件的整体稳定性	142
第四节 钢板梁的局部稳定	149
第五节 受弯构件的设计计算	159
小结	183
思考题	184
习题	184
第七章 偏心受力构件	186
第一节 偏心受拉构件	186
第二节 偏心受压构件	188
小结	199
思考题	199
习题	200
第八章 军用桥梁钢桁架	202
第一节 军用桁架桥桥跨结构布置概述	202
第二节 桁架支承系统	205
第三节 军用桥梁钢桁架杆件设计	207
第四节 军用桥梁钢桁架节点设计	217
第五节 桁架施工图绘制	228
小结	229
思考题	229
习题	230
第九章 木结构材料与计算方法	232
第一节 木材的构造及结构用木材的分类与选择	232
第二节 木材的物理性能	237

第三节	木材的力学性能	240
第四节	影响木材力学性能的主要因素	247
第五节	木结构计算原理与计算数据取值	249
思考题	.....	250
第十章	木结构基本构件计算	252
第一节	轴心受拉构件	252
第二节	轴心受压构件	253
第三节	受弯构件	257
第四节	偏心受力构件	261
小结	.....	265
思考题	.....	266
习题	.....	266
第十一章	木结构连接计算	269
第一节	连接的类型及基本要求	269
第二节	齿连接	270
第三节	螺栓连接和钉连接	279
第四节	其他连接简介	288
小结	.....	294
思考题	.....	295
习题	.....	295
第十二章	铝合金结构的特点与应用	296
第一节	铝合金结构的特点	296
第二节	铝合金结构的应用	297
第十三章	铝合金结构的材料及计算方法	301
第一节	铝及铝合金	301
第二节	物理力学性能	309
第三节	结构型材	318
第四节	铝合金结构的计算方法	322
第五节	计算数据的取值	326
小结	.....	327
思考题	.....	328
第十四章	铝合金结构的连接	329
第一节	焊接连接	329
第二节	螺栓连接	342
第三节	高强度螺栓连接	348
小结	.....	351
思考题	.....	351
习题	.....	352
第十五章	铝合金构件计算	354

第一节	强度计算	354
第二节	构件的稳定	356
第三节	构件疲劳计算	368
	小结	369
	思考题	370
	习题	370
附录一	容许应力与稳定系数表	371
附表 1.1	军用桥梁常用钢材及连接容许应力表	371
附表 1.2	东北红松构件的容许应力	371
附表 1.3	针叶树材容许应力修正系数	372
附表 1.4	阔叶树材容许应力修正系数	373
附表 1.5	钢结构轴心受压构件整体稳定系数 φ_1	373
附表 1.6	弱硬化铝合金构件的轴心受压稳定系数	374
附表 1.7	强硬化铝合金构件的轴心受压稳定系数	374
附录二	热轧型钢表	375
附表 2.1	工字钢截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性	375
附表 2.2	槽钢截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性	377
附表 2.3	等边角钢截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性 (根据 GB706—2008 参数计算)	378
附表 2.4	不等边角钢截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性 (根据 GB706—2008 数据计算)	382
附表 2.5	热轧 L 型钢截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性表 (自 GB706—2008)	385
附表 2.6	热轧等边角钢组合截面结合特性表(根据 GB706—2008 计算)	385
附表 2.7	热轧不等边角钢组合截面几何特性表(根据 GB706—2008 计算)	388
附表 2.8	热轧轻型工字钢的规格及截面特性(按 YB163—63 计算)	390
附表 2.9	热轧轻型槽钢的规格及截面特性(按 YB164—63 计算)	391
附表 2.10	普通低合金钢热轧轻型槽钢	393
附表 2.11	普通低合金钢热轧轻型工字钢	393
附录三	热轧 H 型钢和剖分 T 型钢	395
附表 3.1	热轧 H 型钢截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性表 (截面几何特性根据 GB/T 11263—2005 重新计算)	395
附表 3.2	热轧剖分 T 型钢截面尺寸、截面面积、理论质量及截面特性表 (自 GB/T 11263—2005)	399
附表 3.3	工字钢与 H 型钢截面型号及截面参数对比表 (自 GB/T 11263—2005)	401
附录四	钢管	403
附表 4.1	常用焊接钢管规格和截面参数	403
附表 4.2	常用无缝钢管规格和截面参数	406

附录五 各种组合截面的近似回转半径	411
附录六 锚栓与螺栓常用规格表	413
附表 6.1 锚栓规格	413
附表 6.2 螺栓的有效截面面积	413
附录七 原木及削平原木	414
附表 7.1 原木及削平原木截面的几何特性公式表	414
附录八 铝合金牌号	415
附表 8.1 新国标变形铝及铝合金牌号与曾用牌号对照表	415
参考文献	416



第一节 本课程研究对象和任务

桥梁或其他建筑物都要受到各种外力的作用,例如车辆荷载、人群荷载、风荷载以及结构自重等。建筑物中承受和传递荷载的各个部件的总和统称为结构,也就是说结构是由若干基本构件连接而成的。由基本构件可以组合成各式各样的桥梁或其他人工建筑物。与各类民用结构一样,军用桥梁渡河结构一般由板、梁、柱、拱索等基本构件组成。例如军用固定桥中的主梁、纵横梁、桥脚柱;舟桥桥跨部分的桁架、连接系,舟体的龙骨、甲板、单销、丙丁;制式路面器材中的路面板及路面板之间的连接装置等。“军用桥梁结构设计原理”就是以这些基本构件为主要研究对象的一门科学。它主要讨论桥渡工程结构中各种基本构件及其连接的受力特点、计算方法和构造设计原理,是学习和掌握渡河工程、桥梁工程和道路工程等土木工程中构造物设计的基础。

根据所采用的材料不同,桥梁结构分为钢结构、木结构、铝合金结构、混凝土结构、砌体结构以及混合结构。

- (1) 钢结构。以钢材为主制作的结构。
- (2) 木结构。以木材为主制作的结构。
- (3) 铝合金结构。以铝合金材料制成的结构物。
- (4) 混凝土结构。主要指钢筋混凝土和预应力混凝土结构。
- (5) 砌体结构。以圬工砌体为主制作的结构,它包括砖结构、石结构和混凝土砌块结构。
- (6) 混合结构。以不同材料制成的结构,它包括复合材料结构、钢与混凝土组合结构等。

根据构件受力和变形特点,基本构件的受力图式可归纳为轴心受力(轴心受拉和轴心受压)、受弯、受剪和受扭等几种基本形式。在工程实际中,有些构件受力和变形比较简单,可以简化为以上所述基本图式进行设计计算;但有些构件受力和变形比较复杂,常常为几种基本受力图式的组合,如梁式构件,既受弯又受剪等。由于制式军用桥梁主要采用钢结构和铝合金结构,而就便桥梁主要采用木结构,所以“军用桥梁结构设计原理”主要研究钢结构、木结构和铝合金结构的基本构件在基本受力图式和复合受力状态下的设计计算原理和计算方法,内容包括各类构件的材料性能、受力分析、截面形式和尺寸计算以及相互的连接方式,同时对当前建筑材料的最新发展动态作简要介绍,为今后学习军用道路、桥梁、渡河等专业课程奠定基础。

桥渡工程结构(如军用渡河、桥梁及制式路面结构等)都是由一些基本构件并通过一定的连接方式组合而成的。这些基本构件都要受到各种外力的作用,如结构各部分的自重,车辆荷载及其作用力,爆炸冲击波,土压力,风荷载、水阻力以及温度变化,支座沉降引起内力的变化等等,这些统称为“作用”。各类构件本身具有足够的强度、刚度和稳定性,使它具有抵抗外力和变形的能力,称为“抗力”。如何处理好“作用”与“抗力”之间的相互关系,就是本课程的基本任务。

桥梁渡河工程结构中除了讨论受拉构件、受压构件、受弯构件、受剪构件等最基本的受力形式外,还将结合实际结构讨论一种或几种复合受力状态以及组合结构的受力分析、设计计算方法,如偏心受力构件,拉压构件组合成的桁架等简单结构设计计算方法等。本课程所讨论的连接主要包括焊接、螺栓连接、单销连接、丙丁连接以及木结构中的齿连接、销钉连接和键连接等。

本教材以国家军用标准《军用桥梁设计准则 GJB1162—91》(以下简称《军桥准则》)、《轻型渡河器材设计规范》(以下简称《渡河规范》)为主要依据,同时吸收目前国内外结构设计理论的新发展、民用钢结构、建筑结构及桥梁结构设计规范等条文,如《钢结构设计规范 GB50017—2003》、《公路桥涵钢结构及木结构设计规范 JTJ025—86》等,一方面可以兼顾后续课程(如民桥军用)的教学需要,另一方面也为学员打开多扇窗口、横向比较和灵活运用知识提供方便。



第二节 各类结构的特点及其适用范围

由于工程结构中采用的建筑材料的性质不同,形成了不同的特点,从而决定了它们在实际工程中的使用范围。

1. 钢结构

钢材是桥渡结构的重要材料之一,在各种制式器材中使用最多。它的优点是:材料强度高,运输架设方便;材料各向同性,质地均匀,可靠性高;便于工厂生产。缺点是钢材容易锈蚀,经常性维护费用高。

钢结构一般是由钢厂轧制的型钢或钢板通过焊接或螺栓等连接组成的结构。钢结构由于钢材的强度很高,构件所需的截面积很小,故与其他结构相比,尽管其密度很大,却是自重较轻的结构。钢材的质地均匀,最接近于各向同性体,弹性模量高,塑性变形大,是理想的弹塑性材料,故钢结构工作的可靠性高。钢结构的基本构件可以在工厂中加工制作,机械化程度高,同时已预制的构件可以在施工现场较快地装配连接,故施工效率较高。

钢结构在军用桥渡结构中占有十分重要的地位,在民用工程中应用范围也很广,例如,大跨径的钢桥、城市人行天桥、高层建筑、钢闸门、海洋钻井采油平台、钢屋架等。同时,钢结构还常用于钢支架、钢模板、钢围堰、钢挂篮等施工临时结构中。

2. 木结构

木材在我国的应用有悠久的历史,现存许多历经千年的木结构建筑。木材具有重量轻、比强度高、便于就地取材、加工制作简单等优点,便于在野战条件下应用,如装配式公路钢桥的桥面板、木质低水桥的主要构件等。由于木材是各向异性的材料,且受本身疵病的影响(如木节、裂纹、虫蛀、腐朽等),还有易于燃烧等缺陷。

3. 铝合金结构

铝合金材料是我军工程兵近年来着力开发的新材料,已在轻型渡河器材等装备中得到应用。铝合金材料具有强度高、重量轻、不易锈蚀的特点,对减轻器材重量,增加部队的机动性能有很大优越性,但造价相对较高,刚度比钢材小,有时为了满足刚度要求而增大截面,加上连接问题,因而不能充分发挥其优势。另外,铝合金材料的焊接性能还有待研究改进。

铝合金结构在民用工程承重结构中的应用还处于起步阶段,目前主要用于门窗结构、装饰结构中。

4. 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土结构是由钢筋和混凝土两种材料组成的。钢筋是一种抗拉性能很好的材料;混凝土材料具有较高的抗压强度,而抗拉强度很低。根据构件的受力情况,合理地配置钢筋可提高其承载能力。为解决钢筋混凝土结构开裂锈蚀问题,进而研究出预应力混凝土结构。

5. 砌体结构

砌体结构是人类社会最早使用的结构。它是用胶结材料将砖、天然石料等块材按一定规则砌筑而成整体的结构。在民用建筑、道路和桥梁工程中,砌体结构多用于主要承受压力的中小跨径的拱式结构、桥梁的墩台、挡土墙、涵洞、护坡等工程中。

6. 混合结构

混合材料结构中根据不同材料的组合,分为钢与混凝土复合结构、钢铝复合结构、铝合金与碳纤维等复合结构等。

例如,为了充分发挥钢材高的抗拉性能、混凝土抗压性能好的优势,上海南浦大桥桥面采用钢与混凝土叠合梁结构,同时在钢与混凝土的结合面上设置剪力键以提高叠合梁的抗剪能力。

目前,复合材料的研究已进入实用阶段,例如美国用碳纤维与环氧树脂制造而成的全复合材料桁架桥;美军在坦克冲击桥装备中采用铝合金作为器材的主体结构用材,同时采用碳纤维加固,这样既发挥了铝合金材料轻质高强的特点,又达到了提高结构刚度的目的,造价增加也不明显。它将是本世纪渡河桥梁装备发展的热点。



第三节 结构构件设计的基本要求和设计方法

一、桥渡结构构件设计的基本要求

桥渡结构的基本构件是各种结构中的重要组成部分,为结构承载提供主要的抗力作用,因此,各类构件除应满足规定的战术、技术指标外,还应满足以下基本要求:

(1) 结构设计应做到安全、适用、经济和美观。应遵照国家和军队的技术经济政策规定,符合相应的技术规范的规定和要求。

(2) 构件在使用期间内应具有适当的可靠度,满足规定的强度刚度和稳定性要求。

(3) 根据因地制宜、便于施工、就地取材的原则,合理选择适当的结构材料和构件形式。

(4) 基本构件的设计,应便于制造和维护。

二、结构设计方法的演变

结构设计的基本目标是保证构件的抗力不低于荷载效应,并具有一定的可靠度。结构设计理论发展大致经历了三个不同的阶段,三个阶段的代表方法为容许应力法、破坏阶段法和极限状态法。

1. 容许应力法

它以弹性理论为基础。在标准荷载作用下,按弹性理论计算得到的截面最大应力不大于规定的容许应力。容许应力是由材料强度除以适当的安全系数 K 确定的,即

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_s}{K} \text{ 或 } \frac{\sigma_{0.2}}{K} \quad (1-1)$$

安全系数最早是根据经验确定的,后来部分地采用了数理统计方法。由于它在可靠度的处理上还有不确切和不完善之处,以及没有考虑材料的塑性潜力,所以逐步演进到后述的两种方法。但由于它概念直观,计算简便,为广大工程人员所熟悉,因而得到广泛应用。

2. 破坏阶段法

从 20 世纪 40 年代开始,出现了考虑材料塑性、按破坏阶段设计的理论。它是以构件破坏时的承载能力为基准,按材料设计强度计算所得的承载能力大于设计荷载所产生的内力乘以安全系数(经验系数) K ,即

$$M_p \geq KM \quad (1-2)$$

式中 M_p ——截面破坏时的抗力;

M ——外荷载作用下的荷载效应。

由于安全系数是乘在荷载效应上,故又称为荷载系数法。

3. 极限状态法

随着概率论与数理统计的应用,人们对荷载、材料性能等的变异性进行了更深入的研究,进而在 20 世纪 50 年代又提出了极限状态法。

所谓极限状态法,是指结构或结构的一部分达到不适合使用的特殊状态,包括承载能力极限状态和正常使用极限状态。

(1) 承载能力极限状态。承载能力极限状态对应于结构或结构构件达到最大承载能力或出现不适于继续承载的变形或变位。当结构或结构构件达到下列状态之一时,即认为超过了承载能力极限状态:

① 结构或结构的一部分作为刚体失去平衡(如倾覆、滑移等);

② 结构构件或其连接,因超过材料强度而破坏(包括疲劳破坏),或因过度的塑性变形而不能继续承载;

③ 结构转变为机动体系;

④ 结构或结构构件丧失稳定(如压曲等)。

(2) 正常使用极限状态。正常使用极限状态对应于结构或结构构件达到正常使用或耐久性的某项规定的限值。当结构或结构构件出现下列状态之一时,即认为超过了正常

使用极限状态:

- ① 影响正常使用或外观的变形;
- ② 影响正常使用或耐久性能的局部破坏(如出现过大的裂缝);
- ③ 影响正常使用的振动;
- ④ 影响正常的其他特定状态。

4. 概率极限状态法

根据运用概率统计的程度不同,极限状态法可以分为三个水准:

(1) 半概率极限状态法。在设计表达式中引进了概率统计法思想,对设计中部分参量如强度等,采用数理统计方法进行统计分析,同时考虑一定的保证概率而确定。但对缺乏统计资料的参量仍采用经验系数。其表达式为

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_s}{k_1 k_2 k_3} = \frac{\sigma_s}{K} \quad (1-3)$$

式中 $K = k_1 k_2 k_3$ ——安全系数;

k_1 ——材料系数;

k_2 ——荷载系数;

k_3 ——工作条件系数。

(2) 近似概率设计法。近似概率设计法将各种设计变量视为随机变量,用数理统计方法计算分项系数,形成了近似概率极限状态设计法,其基本设计表达式为

$$\gamma_G S_{GK} + \gamma_Q S_{QK} = R_k / \gamma_R \quad (1-4)$$

式中 γ_R 、 γ_G 和 γ_Q ——抗力、恒载效应、活载效应分项系数;

R_k 、 S_{GK} 和 S_{QK} ——抗力、恒载效应、活载效应标准值。

(3) 全概率设计法。全概率设计法仍是以可靠度为设计目标的结构设计方法,但对设计中的所有设计变量采用概率和数理统计方法建立变量的概率分布模型、统计参数,从而确定变量的取值大小。此种方法由于资料积累不足,目前还处在研究过程中。

本书依据的《军桥准则》、《渡河规范》等我军第一代桥梁渡河器设计规范,设计公式的表现形式仍按容许应力法表达,但其安全系数的确定,已经采用了数理统计的方法。对材料强度的变异性做了大量调查统计。属于水准 I 的半经验半概率极限状态法。随着统计数据的不断积累,桥渡结构可靠度应用的不断深入,我军下一代桥渡结构设计规范将以可靠度为标准的概率极限状态设计法为修订目标。所以本书适当增加可靠度设计方法的介绍,以满足学员学习的需要。



第四节 本课程的学习方法

一、本课程学习方法

1. 掌握基本理论,学好基本概念

对工程结构课程的学习应将基本理论和基本概念放在重要位置。如设计方法中采用的结构的两类极限状态;稳定理论中按极限状态的最大强度理论和一般屈曲理论;弹性、

弹塑性和塑性工作阶段的受力特性;基本构件的强度、刚度、整体稳定性和局部稳定性等等,都要从概念和理论上分清它们的特点,并从中找出它们的区别和联系之处。

2. 善于归纳分析,不断加深理解

工程结构的内容是一个有机的整体,从材料、连接到基本构件和结构的设计,都存在相互呼应和密切联系之处。大范围的如压弯构件稳定性的计算方法与轴心受压构件和受弯构件之间的联系;小范围的如工字形截面压弯构件腹板的局部稳定性的受力特性和计算方法,与轴心受压构件和受弯构件腹板的局部稳定性之间的联系等等。通过对它们的分析比较,常可取得事半功倍的效果。

3. 吸取感性认识,联系工程实践

由于在日常生活环境中,工程结构往往不易于接触,因此对其形象概念亦不易于建立,这对学习和应用这门密切联系工程实践的应用学科来说,确实是不足的。工程结构的感性认识除了由实际建筑物如工业与民用房屋获取外,也可参考其他构筑物,如桥梁(包括人行天桥、跨线桥等)、输电铁塔、起重机械等。再参观钢结构制造厂和安装工地,同时多看一些施工图,对吸取感性知识也是很必要的。

4. 解题条理清晰,单位取用得当

在解工程结构的习题和设计时,应条理清晰、步骤分明,这样做可防止计算中的遗漏和错误。如基本构件一般都需作强度、刚度、整体稳定性和局部稳定性四方面的计算,有的方面还需分项计算。如梁的强度方面就有抗弯强度、抗剪强度、局部承压强度和折算应力等,应有条不紊地按几个方面逐项进行,以免疏漏。但同时也要结合其具体情况进行分析,有时可以省略其中某一方面或某一项计算。如轴心受压构件,除了对截面有削弱的短杆可能需要考虑对强度方面进行计算外,一般总是由稳定性条件计算截面。再如局部稳定性方面,由于我国型钢(工字钢、槽钢、角钢)壁厚均较大,如角钢肢的宽厚比一般为 $8 \sim 13$,工字钢和槽钢腹板的宽厚比为 $20 \sim 30$,故一般不会产生局部失稳问题。

在结构计算中选用的倍数单位和分数单位亦应有一定的规律,以免产生混乱。现以使用最多的力和截面几何特性为例。如力采用SI(国际单位制)导出单位N或加上表示倍数为 10^3 的SI词头k的kN,长度采用SI基本单位m或加上表示分数为 10^{-2} 、 10^{-3} 的SI词头c、m的cm、mm,由此可得到力矩(弯矩、扭矩)的单位为 $N \cdot m$ 、 $kN \cdot m$ 、 $N \cdot cm$ 、 $kN \cdot cm$ 、 $N \cdot mm$ 、 $kN \cdot mm$,截面面积、面积矩、截面模量、惯性矩等的单位亦有以m、cm、mm表示的系列,从而强度、应力等的单位亦可相应表示为多种形式。但《军桥准则》中采用的钢材和连接的容许应力值单位均为 N/mm^2 ,故计算公式中有关力和截面几何特性的单位最终均应以N和mm表示,以便于比较。然而,在计算一开始就将关于力和截面几何特性的单位都选用N和mm,则往往会造成数值过大,使计算和书写冗繁。因此,在对钢结构进行计算时,习惯上将力的单位采用kN和kN/m,故力矩(弯矩、扭矩)采用 $kN \cdot m$ 。而截面几何特性则以cm为基准,如截面面积、截面模量、惯性矩分别用 cm^2 、 cm^3 、 cm^4 等。在做强度、稳定性计算时才将上述单位统一换算成N和mm。

在结构的设计、计算以及施工中还有一些约定俗成的习惯。如计算截面惯性矩(包括焊缝截面)时,一般均忽略厚度方向对自身轴的惯性矩。在计算简图和施工图中通常均以mm为单位标注尺寸,对钢结构的型钢规格和截面尺寸也常以mm为单位称呼,等等。

另外,在结构的计算中还应注意有效数字的取用问题。由于现代计算工具——计算器的应用,往往在计算书中写出一长串数字,通常这是不必要的。在工程设计中一般宜取3~4个有效数字(强度取小数点后一位数字)即可满足需要。

二、学习本课程的注意事项

本课程是一门专业性很强的技术基础课,其特点是理论性和实践性都很强。在设计计算中,要用到比较广泛的力学知识,同时还要考虑到材料性能,实际构造和加工制作工艺等。因此,学习本课程时应注意以下几个方面:

(1) 力学是本课程研究的基础。本课程是一门重要的专业技术基础课,讨论工程材料的性能,需要利用主要先修课程(如材料力学、结构力学和建筑材料等),又不能简单照搬。

(2) 实验是解决问题的有效手段。材料及其构件的各种性能都须通过实验得到,应注重对材料性能和构件实验结果的观察。计算中,要考虑实际材料的变异,常常引进经验公式或半经验半理论的系数,它不像力学或数学中的公式那样严谨,但却能有效地解决实际工程问题,并且使计算得到简化。

(3) 答案不是唯一的,而是多方案性的,要注意与力学和数学课程的比较。在对简化模型进行结构分析时,其解答是唯一的;而结构设计则不同,它是一个不可避免的反复过程,需要综合考虑适用、经济、施工等多种因素,最后做出合理的选择。因此,在学习本课程时,要勤于分析和比较,多做练习,养成严谨细致的学习作风。

(4) 设计工作有“法”可依,要学会正确领会和使用设计规范(如《军用桥梁设计准则》GJB1162—91等)。规范是国家和军队颁布的关于工程装备的技术法规,是一定时期内理论研究成果和实践经验的总结,是设计人员应参照的最低标准。在学习本课程时,应树立技术法规观念,深刻理会制定规范条文的内涵,很好地熟悉和运用规范,使所设计的装备器材结构满足部队的使用要求。

由于科学技术水平和工程实践经验是不断发展和积累的,设计规范也必然要不断进行修订和完善,才能适应指导设计工作的需要。因此,在学习本课程时,应掌握各种基本构件的受力性能、强度和变形的变化规律,从而能对目前设计规范的条文概念和实质有正确的理解,对计算方法能正确应用,这样才能适应今后设计规范的发展,不断提高自身的设计、施工水平,为部队的现代化建设服务。

第二章

钢结构概述



第一节 钢结构的基本特点

钢结构是用钢板、角钢、工字钢、槽钢、钢管和圆钢等钢材制作基本构件,采用焊接、螺栓连接或单销连接等有效的方式,按照一定的构造要求连接起来,能承受规定荷载的结构物。钢结构是主要的建筑结构类型之一,是军用渡河桥梁装备的主要结构形式。和其他结构相比,钢结构具有显著的特点。

一、钢结构的优点

1. 轻质高强

钢材的密度虽然比其他建筑材料大,但其强度和弹性模量要高很多。因此,当承受的荷载和其他条件相同时,钢结构要比混凝土等其他结构轻。例如在跨径和荷载都相同的条件下,钢屋架的重量只有钢筋混凝土屋架重量的 $1/4 \sim 1/3$;如果采用薄壁型钢,屋架则更轻。由于自重小、刚度大,钢结构用于建造大跨度和超高、超重型的结构特别适宜。同时由于重量轻,便于运输和吊装,工期短,还可减轻下部结构和基础的负担。

2. 钢材的塑性和韧性好

由于钢材的塑性好,钢结构在一般情况下不会因偶然超载或局部超载而发生突然断裂破坏;钢材的韧性好,则使钢结构能很好地承受振动、冲击荷载作用和抗疲劳,可用于铁路桥梁和海洋采油平台等。钢材的这些性能对钢结构的安全应用提供了充分可靠的保证。

3. 钢材各向同性,质地均匀

钢材的内部组织均匀,非常接近于各向同性的匀质体。在一定的应力范围内,属于理想弹塑性材料,符合工程力学中所采用的基本假定。因此,钢结构的实际受力情况和力学计算结果吻合较好,从而保证了它的可靠性。

4. 钢材具有可焊性

由于钢材具有良好的可焊性,使钢结构的连接大为简化,可适应于制造各种复杂结构形状的需要。但由于焊接时产生很高的温度,温度分布很不均匀,结构各部位的冷却速度也不同,因此在焊缝附近的高温区会产生较大的焊接残余应力和残余变形,使结构中的应力状态复杂化。