



普通高等教育规划教材 · 国家级精品课程教材



结构设计原理

(钢筋混凝土、预应力混凝土及圬工结构)

(第二版)

张树仁 黄 侨 编著



人民交通出版社
China Communications Press



普通高等教育规划教材 · 国家级精品课程教材

结构设计原理

(钢筋混凝土、预应力混凝土及圬工结构)

(第二版)

张树仁 黄 侨 编著

第二版 张树仁 黄侨 编著
责任编辑：王 霞 (wx@ctpress.com)
出版发行：人民交通出版社
地 址：(100011) 北京市崇文区
网 址：http://www.ctpress.com.cn
社 址：(010) 29737069, 29
社 址：人民交通出版社发行
社 址：北京市崇文区印刷厂
开 本：787×1092 1/16
印 张：26.75
字 数：661 千
版 次：2004年9月 第1版
印 次：2010年9月 第2版
印 次：2010年9月 第2版
书 号：ISBN 978-7-114-08494-7
定 价：48.00 元

人民交通出版社

内 容 提 要

本书参照高等学校道路桥梁与渡河工程、土木工程等相关专业及方向的结构设计原理课程教学大纲,结合最新桥梁设计规范编写而成。该书系统地阐述了钢筋混凝土、预应力混凝土结构及圬工结构设计的基本原理和方法。书中对桥梁规范有关条文和计算公式的背景及应用注意事项作了解释性阐述,以使读者能准确理解规范的原意,正确应用规范进行桥梁工程结构的设计。

本书可作为道路桥梁与渡河工程专业以及土木工程专业桥梁工程和道路工程方向的结构设计原理课的教材,同时可作为从事公路及城市桥梁设计、科研、施工及管理人员学习和应用桥梁规范的辅导材料。

图书在版编目(CIP)数据

结构设计原理 / 张树仁, 黄侨编著. —2 版. —北京: 人民交通出版社, 2010.9
ISBN 978-7-114-08494-2

I. ①结… II. ①张…②黄… III. ①桥梁结构—结构设计—高等学校—教材 IV. ①U443
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 110008 号

书 名: 结构设计原理 (第二版)

著 作 者: 张树仁 黄 侨

责任编辑: 王 霞(wx@ccpress.com.cn)

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 26.75

字 数: 661 千

版 次: 2004 年 9 月 第 1 版

2010 年 9 月 第 2 版

印 次: 2010 年 9 月 第 2 版 第 1 次印刷 总第 6 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08494-2

定 价: 48.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

第二版前言

Foreword

本书在《桥梁钢筋混凝土及预应力混凝土结构设计原理》基础上修改编写,为适应教学工作需要将书名改为《结构设计原理》。

《桥梁钢筋混凝土及预应力混凝土结构设计原理》(第一版)与《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)于2004年10月同时出版,已使用了五年。本书作为04桥规的配套图书,满足了工程一线技术人员的急需,同时,为多所高校选做结构设计原理课程的教材。其间我收到了很多读者通过函电或直接交流方式提出的对规范执行中若干疑难问题的咨询意见和建议。2009年6月人民交通出版社出版了《公路桥梁设计规范答疑汇编》,对各地相关单位或个人在使用规范中遇到的问题,进行了汇总和解答。

广大读者勇于思考的探索精神,激励和启发我去认真思考自己所写的东西还有哪些不足,萌生了要对该书进行修改补充的想法,以答谢广大读者的关怀。

本书的主要内容原则上按《结构设计原理》课程大纲编写,在第一版的基础上,本次再版修改的主要特点是:

(1)增加了结构耐久性设计的内容。长期以来人们受“混凝土是一种耐久性良好建筑材料”这一片面认识的影响,忽视了钢筋混凝土结构耐久性问题,致使耐久性研究相对滞后,并为此付出了巨大的代价。反思《结构设计原理》课程教学中关于“混凝土保护钢筋免于锈蚀”的片面结论和对裂缝(特别是实际工程中大量存在的非结构裂缝)问题轻描淡写的论述,无疑是对学生的误导,对目前仍普遍存在的“重强度,轻耐久性”的错误设计思想的形成,具有不可推卸的历史责任。

新规范增加了结构耐久性设计的内容是结构设计理念的重大突破,是结构工程科学的重大的技术进步,对提高设计质量具有指导意义。但是,要摆脱长期形成的“重强度,轻耐久性”的错误设计思想的影响,还有很多工作要做,人们对耐久性的认识还有个不断提高的过程。长远来看,落实加强结构耐久性的设计理念,应从对学生的专业教育入手。“结构设计原理”是学生接触最早的专业技术基础课,是学习后续专业课的基础,在学生第一次接触工程结构设计问题时,就明确提出加强和重视结构耐久性设计的概念,对后续课程的教学安排,乃至将来工作中正确设计思想的形成是十分必要的。

(2)本书所述桥梁结构构件设计与计算,主要以我国现行桥梁设计规范为依据编写。2005年以来,我国先后颁布的三本桥梁设计规范是我国桥梁结构理论研究和设计经验的总结,反映了近年来国内外桥梁结构理论研究和设计的新成就。本书在总结分析近五年来执行新规范的经验和问题,对规范条文(特别是强制性条文)及广大读者在执行规范中遇到的带有普遍性的问题,从原理上进行了解读分析;对应用规范公式进行设计与计算时,应注意的问题进行了补充说明;对规范中某些问题提出了探讨商榷和修改建议。其目的是启发和引导读者(特别是学生)去认真思考,从作用原理上加深对规范条文和计算公式的理解,为正确应用规范进行设计工作奠定理论基础。书中凡属对规范问题不同理解的内容均以“笔者认为”或“笔者

建议”的字样标出,这些只代表个人观点,是否可行,愿与同行探讨与商榷。

(3)本书主要章节均附有“总结与思考”专题,对本章的教学内容进行了概括地总结分析,提出了一些可供教师和学生参考的思考题目。书中综合例题突出强调对设计计算的综合评价和不同方案的对比分析,启发和引导学生去积极思考,探讨进一步修改优化设计的基本思路。本书所列的思考题目大部分来源于工程实践以及广大读者学习和执行新规范的咨询反馈意见。

本书的编写汇集了笔者所在单位哈尔滨工业大学(原哈尔滨建筑工程学院)结构设计原理教研组王永平教授、黄侨教授(2007年调东南大学任教)等共同参与的“结构设计原理”课程建设和教学法研究成果。本书编写修改过程汇聚了广大读者大量的反馈咨询意见和修改建议,再次感谢广大读者的信任、理解和支持。

本书的再版立项得到人民交通出版社韩敏总编辑的大力支持,王霞编辑为本书的再版做了大量的工作,对编辑人员为本书出版付出的辛勤劳动表示真诚的谢意。另外,由于编著者水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,敬请读者批评指正。

张树仁

2010年4月于北京

第一版前言

Foreword

《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)的修订工作前后历时6年多,将于2004年10月1日正式实施。在规范修订过程中,规范修订组会同哈尔滨工业大学、同济大学和湖南大学等单位进行了专题科研,并吸收借鉴了国内其他单位的相关科研成果和工程实践经验,借鉴了国际先进的标准规范,与国内相关规范进行了比较和协调。按《公路工程结构可靠度设计统一标准》(GB/T 50283—1999)的规定,新规范采用了以概率理论为基础的极限状态设计方法;改进了材料强度取值原则;增加了有关结构耐久性的规定;全面改进和补充了各种构件的承载力计算内容;改善了预应力混凝土受弯构件的抗裂限值、裂缝宽度及构件刚度的计算方法;对各种构件的构造要求也作了较全面的补充和完善。

为适应桥梁设计规范的变化,及时地更新教学内容是教学改革的核心。《结构设计原理》是交通土建、桥梁工程及道路工程专业的重要专业基础课,其内容应以我国现行桥梁设计规范为依据,反映桥梁及结构工程科研和工程实践的最新成果。

本书主要面向高等学校交通土建、桥梁工程及道路工程专业学生,其主要内容是根据结构设计原理(钢筋混凝土及预应力混凝土结构部分)课程教学大纲编排的。书中结合新规范系统地叙述了钢筋混凝土及预应力混凝土结构设计的基本原理和方法;重点阐述了受弯构件、轴心受压构件、偏心受压构件、偏心受拉构件和受扭及弯扭构件的承载力、抗裂性、裂缝宽度和变形计算的基本原理和方法,并列举了大量的计算实例加以应用说明。本书可作为高等院校相关专业的本科生教材。

本书也可作为从事公路与城市桥梁设计、科研、施工及管理人员学习和应用新规范的辅导材料。笔者试图用浅显的文字,对新规范的有关条文和计算公式的背景及应用注意事项作解释性阐述,使读者准确理解规范的原意,正确地应用规范进行设计。

本书由哈尔滨工业大学张树仁、黄侨和新规范主要起草人中交公路规划设计院郑绍珪、鲍卫刚共同编写,张树仁主编,郑绍珪主审。哈尔滨工业大学王宗林参与了第十五章综合例题的计算和编写工作,研究生马亮、宋建永、任远参与了部分例题计算和绘图工作。在本书编写过程得到了哈尔滨工业大学及中交公路规划设计院领导的关心和支持。人民交通出版社公路图书部韩敏、王霞等同志付出了辛勤的劳动,在此一并表示谢意。由于编者水平所限,书中难免有不妥或疏漏之处,敬请读者批评指正。

张树仁

2004年8月于哈尔滨

目录 contents

总论	1
----	---

第一篇 结构设计基本原理和材料性能

第一章 钢筋混凝土结构材料的物理力学性能	7
§ 1-1 混凝土的物理力学性能	7
§ 1-2 钢筋的物理力学性能	20
§ 1-3 钢筋与混凝土之间的黏结	28
总结与思考	30
第二章 钢筋混凝土结构设计基本原理	33
§ 2-1 结构的可靠性概念	33
§ 2-2 极限状态和极限状态方程	34
§ 2-3 概率极限状态设计原理	36
§ 2-4 承载能力极限状态设计原则	40
§ 2-5 正常使用极限状态设计原则	46
§ 2-6 混凝土结构的耐久性设计	48
总结与思考	54

第二篇 钢筋混凝土结构

第三章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	59
§ 3-1 钢筋混凝土受弯构件构造要点	59
§ 3-2 钢筋混凝土梁正截面破坏状态分析	64
§ 3-3 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力极限状态计算的一般问题	66
§ 3-4 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	70
§ 3-5 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	75
§ 3-6 T形截面受弯构件正截面承载力计算	79
§ 3-7 在正截面承载力计算中引入纵向受拉钢筋极限拉应变限制的 物理意义及控制方法	89
总结与思考	91
第四章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	94
§ 4-1 概述	94
§ 4-2 斜截面剪切破坏状态分析	94
§ 4-3 斜截面抗剪承载力计算	96
§ 4-4 变高度梁斜截面抗剪承载力计算	103

§ 4-5 斜截面抗弯承载力计算	106
§ 4-6 全梁承载能力校核	108
§ 4-7 综合例题:装配式钢筋混凝土简支 T 形梁设计	110
总结与思考	118
第五章 钢筋混凝土受压构件承载力计算	120
§ 5-1 轴心受压构件承载力计算	120
§ 5-2 偏心受压构件承载力计算的一般问题	127
§ 5-3 矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	132
§ 5-4 I 形(或箱形)截面偏心受压构件正截面承载力计算	143
§ 5-5 圆形截面偏心受压构件正截面承载力计算	150
§ 5-6 双向偏心受压构件正截面承载力计算	157
总结与思考	159
第六章 钢筋混凝土受拉构件承载力计算	161
§ 6-1 轴心受拉构件承载力计算	161
§ 6-2 偏心受拉构件承载力计算	161
第七章 钢筋混凝土受扭及弯扭构件承载力计算	164
§ 7-1 概述	164
§ 7-2 钢筋混凝土纯扭构件的承载力计算	166
§ 7-3 受弯、剪、扭共同作用的钢筋混凝土矩形截面构件的承载力计算	173
§ 7-4 复杂形式截面受扭构件的承载力计算	182
总结与思考	185
第八章 钢筋混凝土构件持久状况正常使用极限状态计算	186
§ 8-1 混凝土结构裂缝与耐久性	186
§ 8-2 钢筋混凝土构件裂缝宽度计算	189
§ 8-3 钢筋混凝土受弯构件变形计算	193
总结与思考	195
第九章 钢筋混凝土结构短暂状况应力验算	197
§ 9-1 钢筋混凝土受弯构件短暂状况正截面应力验算	197
§ 9-2 钢筋混凝土受弯构件短暂状况斜截面应力验算	199
总结与思考	204
第十章 钢筋混凝土深受弯构件承载能力极限状态计算	206
§ 10-1 深受弯构件的受力性能	206
§ 10-2 深梁的配筋及构造要求	208
§ 10-3 深梁的内力计算	210
§ 10-4 深受弯构件的承载力计算	211
§ 10-5 钢筋混凝土盖梁(短梁)的承载力计算	212
总结与思考	216

第三篇 预应力混凝土结构

第十一章 预应力混凝土结构的一般问题	219
§ 11-1 预应力混凝土的基本原理	219

§ 11-2	预加力的实施方法	221
§ 11-3	预应力钢筋的锚固	223
§ 11-4	预应力损失	227
§ 11-5	预应力混凝土受弯构件各受力阶段分析	237
§ 11-6	预应力混凝土结构设计计算的主要内容	239
总结与思考		240
第十二章 预应力混凝土结构持久状况承载能力极限状态计算		242
§ 12-1	预应力混凝土受弯构件正截面承载力计算	242
§ 12-2	预应力混凝土受弯构件斜截面承载力计算	247
§ 12-3	预应力混凝土偏心受压构件正截面承载力计算	250
§ 12-4	预应力混凝土受扭及弯扭构件承载力计算	253
§ 12-5	锚下局部承压承载力计算	254
总结与思考		258
第十三章 预应力混凝土结构持久状况正常使用极限状态计算		260
§ 13-1	预应力混凝土受弯构件的抗裂性验算	260
§ 13-2	部分预应力混凝土 B 类构件的裂缝宽度计算	265
§ 13-3	预应力混凝土受弯构件的变形计算	266
总结与思考		269
第十四章 预应力混凝土结构持久状况和短暂状况构件的应力计算		271
§ 14-1	全预应力混凝土及部分预应力混凝土 A 类构件使用阶段的应力验算	271
§ 14-2	部分预应力混凝土 B 类构件开裂后的应力验算	275
§ 14-3	预应力混凝土受弯构件短暂状况应力验算	278
总结与思考		279
第十五章 预应力混凝土简支梁设计		282
§ 15-1	预应力混凝土简支梁设计的主要内容和计算步骤	282
§ 15-2	预应力混凝土简支梁的截面设计	283
§ 15-3	预应力混凝土简支梁的配筋设计	284
§ 15-4	组合式受弯构件设计特点	292
§ 15-5	综合例题:预应力混凝土简支梁设计	299
总结与思考		342
第十六章 体外预应力混凝土设计与计算		344
§ 16-1	概述	344
§ 16-2	体外预应力混凝土桥梁的构造要点	344
§ 16-3	体外预应力混凝土受弯构件承载力计算	350
§ 16-4	体外预应力筋(束)的预应力损失	356
§ 16-5	活载作用下体外预应力筋(束)拉力增量计算	359
§ 16-6	体外预应力混凝土受弯构件正常使用极限状态计算	362
§ 16-7	体外预应力混凝土受弯构件使用阶段的应力验算	366
§ 16-8	体外预应力混凝土结构的转向装置设计	368

总结与思考	373
-------	-----

第四篇 圬工结构

第十七章 圬工结构的基本概念与材料	377
§ 17-1 圬工结构的基本概念	377
§ 17-2 圬工材料种类及性能要求	377
§ 17-3 圬工砌体的物理力学性能	381
第十八章 圬工结构构件的承载力计算	386
§ 18-1 圬土结构设计基本原理	386
§ 18-2 受压构件的承载力计算	386
§ 18-3 局部承压、受弯及受剪构件承载力计算	393
附录	395
附录 1 混凝土强度	395
附录 2 混凝土的弹性模量	395
附录 3 普通钢筋强度	396
附录 4 预应力钢筋抗拉强度标准值	396
附录 5 预应力钢筋抗拉、抗压强度设计值	396
附录 6 钢筋的弹性模量	397
附录 7 钢筋的计算截面面积及理论质量	397
附录 8 每米板宽内的钢筋截面面积	398
附录 9 预应力钢筋公称截面面积和公称质量	399
附录 10 圆形截面钢筋混凝土偏压构件正截面抗压承载力计算系数	400
附录 11-1 圆形截面钢筋混凝土偏压构件正截面承载力计算诺模图 (适用于 C20、R235)	402
附录 11-2 圆形截面钢筋混凝土偏压构件正截面承载力计算诺模图 (适用于 C20、HRB335)	403
附录 11-3 圆形截面钢筋混凝土偏压构件正截面承载力计算诺模图 (适用于 C25、R235)	404
附录 11-4 圆形截面钢筋混凝土偏压构件正截面承载力计算诺模图 (适用于 C25、HRB335)	405
附录 11-5 圆形截面钢筋混凝土偏压构件正截面承载力计算诺模图 (适用于 C25、HRB400)	406
附录 11-6 圆形截面钢筋混凝土偏压构件正截面承载力计算诺模图 (适用于 C30、HRB335)	407
附录 11-7 圆形截面钢筋混凝土偏压构件正截面承载力计算诺模图 (适用于 C30、HRB400)	408
附录 12-1 混凝土预制块砂浆砌体轴心抗压强度设计值 f_{cd} (MPa)	409
附录 12-2 块石砂浆砌体的轴心抗压强度设计值 f_{cd} (MPa)	409
附录 12-3 片石砂浆砌体的轴心抗压强度设计值 f_{cd} (MPa)	409
附录 13 砂浆砌体轴心抗拉、弯曲抗拉和直接抗剪强度设计值	409

附录 14 小石子混凝土砌块石砌体轴心抗压强度设计值 f_{cd} (MPa) 410

附录 15 小石子混凝土砌片石砌体轴心抗压强度设计值 f_{cd} (MPa) 410

附录 16 小石子混凝土砌块石、片石砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉和
直接抗剪强度设计值(MPa) 410

附录 17 混凝土强度设计值(MPa)和弹性模量(MPa) 411

参考文献..... 412

总 论

一、钢筋混凝土的基本概念

钢筋混凝土是由两种力学性能截然不同的材料——钢筋和混凝土结合成整体,共同发挥作用的—种建筑材料。

众所周知,混凝土是一种典型的脆性材料,其抗压强度很高,但抗拉强度很低(约为抗压强度的 $1/18 \sim 1/8$)。图 1a)所示为一根素混凝土梁的受力情况,在两个对称的集中力 P_1 的作用下,梁的上部受压、下部受拉。取跨中纯弯曲段为研究对象,随着荷载 P_1 的增加,梁下部受拉区的拉应变(拉应力)和上部受压区的压应变(压应力)不断增大。当下部受拉区边缘的拉应变达到混凝土极限拉应变时,下缘即出现竖直的裂缝。在裂缝截面处受拉区混凝土退出工作,受压区高度减小,即使荷载不再增加,竖向裂缝也会急速向上发展,导致梁突然断裂[图 1a)]。对应于下部受拉区边缘拉应变等于混凝土极限拉应变的荷载 P_c 为素混凝土梁受拉区出现裂缝的荷载,一般称为素混凝土梁的开裂荷载,也就是素混凝土梁的破坏荷载。换句话说,素混凝土梁的承载力是由混凝土的抗拉强度控制的,而混凝土所具有的优越抗压性能则远远未能充分利用。

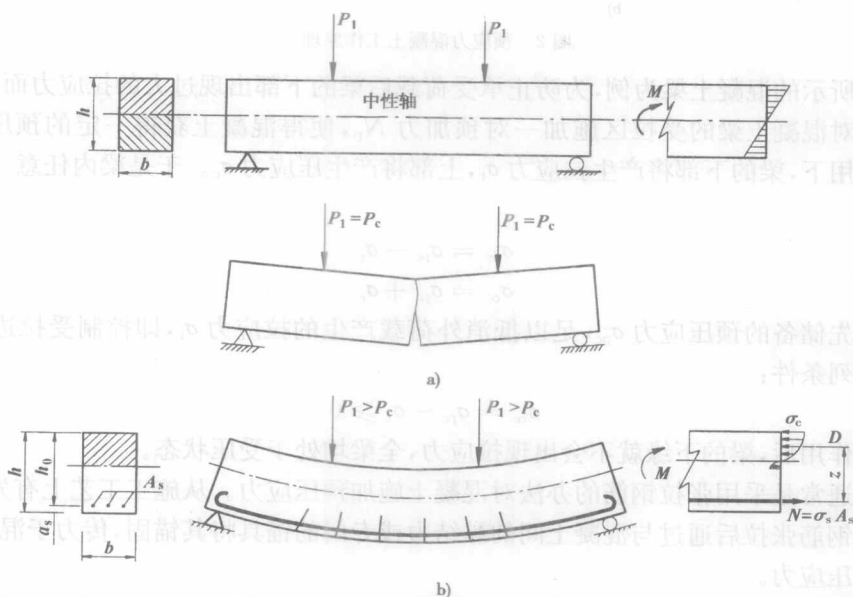


图 1 素混凝土和钢筋混凝土梁

为了提高混凝土梁的承载力,充分发挥混凝土优越的抗压作用,可采用以下两个解决办法:

- (1)在梁的受拉区配置适量的纵向钢筋,构成钢筋混凝土梁[图 1b)]。

在梁的受拉区配置纵向钢筋,以承担拉力,混凝土承担压力,两者结合为整体共同工作。钢筋混凝土梁的试验研究表明,钢筋混凝土梁与截面尺寸相同的素混凝土梁的开裂荷载 P_c 基本相同。当荷载略大于开裂荷载 P_c 时,梁的受拉区仍会出现裂缝,裂缝处截面受拉区的混凝土逐渐退出工作,拉力转由钢筋承担。随着荷载的增加,钢筋的拉应力和受压区混凝土的压应力将不断增大,直至钢筋的拉应力达到其屈服强度,继而受压区混凝土被压碎,梁才宣告破坏。由此可见,在钢筋混凝土梁中混凝土的抗压强度和钢筋的抗拉强度都得到了充分发挥,因而,其承载力可较素混凝土梁有较大提高。

(2)对混凝土梁施加预压应力,形成预应力混凝土梁(图 2),使混凝土储备一定的压应力,用以抵消或减小外荷载产生的拉应力。

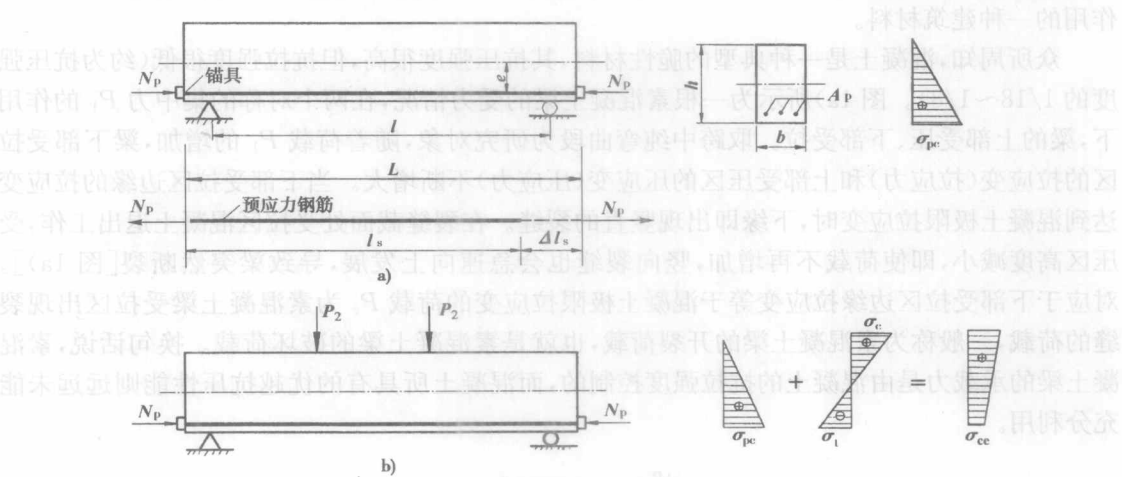


图 2 预应力混凝土工作原理

以图 2 所示的混凝土梁为例,为防止承受荷载后梁的下部出现过大的拉应力而开裂,在荷载作用之前对混凝土梁的受拉区施加一对预加力 N_p ,使得混凝土获得一定的预压应力 σ_{pc} 。在外荷载作用下,梁的下部将产生拉应力 σ_t ,上部将产生压应力 σ_c 。于是梁内任意一点的合成应力为:

$$\sigma_{ce} = \sigma_{pc} - \sigma_t$$

或

$$\sigma_{ce} = \sigma_{pc} + \sigma_c$$

如果预先储备的预压应力 σ_{pc} ,足以抵消外荷载产生的拉应力 σ_t ,即控制受拉边缘的合成应力满足下列条件:

$$\sigma_{ce} = \sigma_{pc} - \sigma_t \geq 0$$

在荷载作用后,梁的下缘就不会出现拉应力,全梁均处于受压状态。

工程上通常是采用张拉钢筋的办法对混凝土施加预压应力。从施工工艺上有先张法和后张法之分。钢筋张拉后通过与混凝土间的黏结力或专门的锚具将其锚固,传力于混凝土,使混凝土获得预压应力。

从组成材料来看,钢筋混凝土和预应力混凝土同属配筋混凝土的范畴,都是由钢筋和混凝土两种力学性能不同的材料组成的复合结构。尽管其工作原理不同,但作为配筋混凝土结构的共同特性是钢筋和混凝土结合为一个整体共同受力。

钢筋和混凝土两种力学性能不同的材料,结合在一起之所以能有效地共同工作,是基于以下理由:

(1)混凝土干缩硬化后能产生较大的黏结力(或称握裹力),使钢筋与混凝土能很好地结合为一个整体,从而在荷载作用下能共同变形;

(2)钢筋与混凝土具有大致相同的温度膨胀系数,钢材为 1.2×10^{-5} ,混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}$ 。这样,当温度变化时,不致因产生过大的温度应力而破坏两者之间的黏结力,可以保证两者的共同工作;

(3)包裹在钢筋外围的混凝土,可以保护钢筋免于锈蚀,保证结构具有良好的耐久性,这是因为水泥水化作用后,产生碱性反应,在钢筋表面产生一种水泥石质薄膜(又称钝化膜),可以防止有害介质的直接侵蚀。因此,为了保证结构的耐久性,混凝土应具有较好的密实度,并具有足够厚度的保护层。

二、钢筋混凝土结构的优缺点

钢筋混凝土结构问世已有一百年,在世界各国的土木工程中得到了广泛的应用,其主要原因在于它具有下述一系列优点。

1. 经济性

作为钢筋混凝土主要材料之一的混凝土,其主要成分为砂和石子,一般均较易就地取材,且价格便宜。水泥用量所占比例一般为 $12\% \sim 15\%$,其价格也比钢材、木材便宜。钢材虽价格较高,但用量很小,一般只占混凝土截面面积的 $0.3\% \sim 3\%$ 。因而,经济性较好。

2. 耐久性

混凝土的强度随时间的增加而增长,且钢筋受到混凝土的保护而不易锈蚀,所以钢筋混凝土结构具有较好的耐久性。

3. 整体性

钢筋混凝土结构(特别是整体浇筑的结构)构件之间是通过钢筋和混凝土的一次性浇筑连接为整体的,其整体性好,对于结构的空间受力、抵抗风振、地震及强烈冲击作用都具有较好的工作性能。

4. 可模性

钢筋混凝土可以根据设计需要,浇筑成各种形状和尺寸的构件。只要模板设计成型,结构的外形尺寸也随之而定,具有可模性。特别适合于结构形状复杂或对建筑造型有较高要求的建筑物。

5. 耐火性

混凝土热惰性大,传热慢,对包围在其中的钢筋有防火保护作用。实践表明,对有足够厚度混凝土保护层的钢筋混凝土结构,火灾持续时间不长时,不致因钢筋受热软化而造成结构的整体坍落破坏。

同时也应看到,钢筋混凝土存在以下缺点。

1. 自重大

钢筋混凝土结构本身自重大。设计结构物时,若结构本身自重过大,则结构抗力大部分用来承受恒载,这样是不经济的。为了改善混凝土结构自重大的缺点,世界各国都大力发展轻质、高强度混凝土。轻质混凝土制成的结构自重较普通混凝土可减小 $20\% \sim 30\%$ 。

2. 抗裂性差

混凝土的抗拉强度低,钢筋混凝土结构容易出现裂缝。裂缝的出现提供了有害介质质量侵入的直接通道,加速钢筋的腐蚀,将影响结构的耐久性。

3. 施工受季节性气候影响大

在冬季和雨季现场就地浇筑混凝土时,须采取必要的防护措施,增加了施工费用,且质量也不易得到保证。因此,钢筋混凝土的发展方向之一,就是要大量发展工业化、工厂化的装配式结构。

预应力混凝土结构是为了解决钢筋混凝土结构抗裂性的矛盾而发展起来的新型结构,其主要优点是:

(1)由于预加力的作用,较好地解决了钢筋混凝土结构的裂缝问题。可以根据构件的受力特点和使用条件,控制裂缝的出现或裂缝开展宽度。预加应力的作用,还改善了构件的受力性能,提高了构件的刚度,减小了构件的变形。

(2)预应力混凝土结构可以合理地利用高强度材料(高强度混凝土和高强度钢筋),使构件的截面尺寸减小,自重减轻,增大结构的跨越能力。

(3)提高结构的耐久性。预加力能有效地控制混凝土的开裂或裂缝的开展宽度,减小了有害介质对钢筋的侵蚀;另一方面由于高强度混凝土密实度的提高也提高了结构的耐久性,延长了结构的使用年限。

预应力混凝土成功应用的历史,至今不到 80 年,但是由于它具有许多优点,使其在国内外土木工程中得到广泛的应用。在桥梁工程中,预应力混凝土仍然是重要的建桥材料之一。

预应力混凝土结构是一种先进的结构形式,预应力混凝土技术作为工程建设领域内的一项高新技术,标志着一个国家的建筑技术水平。我国预应力混凝土技术从 20 世纪 50 年代起步后发展迅速,目前已进入高效预应力混凝土结构的新阶段。我们深信随着人们对结构性能要求的提高和科研工作的不断深入,以及大量工程实践的经验积累,作为工程结构最主要建筑材料的钢筋混凝土和预应力混凝土必将有一个新的发展。

第一篇

结构设计基本原理和材料性能



