

高等院校水利水电类精品规划教材

SHUIGONG HUNNINGTU JIEGOU

水工混凝土结构

主编 李平先

主审 丁自强 李树瑶



黄河水利出版社

全国高等院校水利水电类精品规划教材

水工混凝土结构

主 编 李平先
副主编 孙 静 翟爱良 徐 伟
主 审 丁自强 李树瑶

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书依据电力行业《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009)编写,同时对水利行业《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008)作了介绍。全书分上、下两篇(共16章),上篇为钢筋混凝土结构基本受力构件,主要内容包括钢筋混凝土材料的物理力学性能,钢筋混凝土结构设计基本原理,受弯构件、轴心受力构件、偏心受力构件和受扭构件的承载力计算,钢筋混凝土受冲切和局部受压承载力计算,以及钢筋混凝土构件正常使用极限状态验算,预应力混凝土结构等;下篇为钢筋混凝土结构设计,主要内容包括钢筋混凝土肋形结构及刚架结构,水工钢筋混凝土结构耐久性设计,水工非杆件混凝土结构,水工钢筋混凝土结构的抗震设计,素混凝土结构构件的计算,以及《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008)的设计方法等。

本书为全国高等院校水利水电类精品规划教材,可作为水利水电工程、农业水利工程、工程管理及相关专业的教材,亦可作为水利水电工程专业技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水工混凝土结构/李平先主编. —郑州:黄河水利出版社,2012.8

全国高等院校水利水电类精品规划教材

ISBN 978-7-5509-0314-2

I. ①水… II. ①李… III. ①水工结构-混凝土结构-高等学校-教材 IV. ①TV331

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第173381号

策划编辑:李洪良 电话:0371-66024331 邮箱:hongliang0013@163.com

出版社:黄河水利出版社

网址:www.yrcp.com

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:30.5

字数:705千字

印数:1—3 100

版次:2012年8月第1版

印次:2012年8月第1次印刷

定价:45.00元

出版者的话

近年来,随着我国对基础设施建设投入的加大,水利水电工程建设也迎来了前所未有的黄金时间。截至2006年,全国已建成堤防28.08万公里,各类水库85 849座,2006年水利工程在建项目4 614个,在建项目投资总规模达6 121亿元(《2006年全国水利发展统计公报》)。水利水电工程的大规模建设对设计、施工、运行管理等水利水电专业人才的需求也更为迫切,如何更好地培养适应现今水利水电事业发展的优秀人才,成为水利水电专业院校共同面临的课题。作为水利水电行业的专业性科技出版社,我社长期关注水利水电学科的建设与发展,并积极组织水利水电类专著与教材的出版。

在对水利水电类本科层次教材的深入了解中,我们发现,以应用型本科教学为主的众多水利水电类专业院校普遍缺乏一套完整构建在校本科生专业知识体系又兼顾实践工作能力的教材。在广泛调研与充分征求各课程主讲老师意见的基础上,按照高等学校水利学科专业教学指导委员会对教材建设的指导精神与要求,并结合教育部实施的多层次建设、打造精品教材的出版战略,我社组织编写了本系列“全国高等院校水利水电类精品规划教材”。

此次规划教材的特点是:

- (1)以培养水利水电类应用型人才为目标,充分重视实践教学环节。
- (2)在依据现有的专业规范和课程教学大纲的前提下,突出特色,力求创新。
- (3)紧扣现行的行业规范与标准。
- (4)基本理论与工程实例相结合,易于学生接受与理解。

本系列教材除了涵盖传统专业基础课及专业课外,还补充了多个新开课程的教材,以便于学生扩充知识与技能,填补课堂无合适教材可用的空缺。同时,部分教材由工程技术人员或有工程设计施工从业经历的老师参与编写,也是此次规划教材的创新。

本系列教材的编写与出版得到了全国21所高等院校的鼎力支持,特别是三峡大学党委书记刘德富教授和河北水利水电学院副院长刘汉东教授对系列教材的编写与出版给予了精心指导,有效保证了教材出版的整体水平与质量。在此对推进此次规划教材编写与出版的各院校领导和参编老师致以最诚挚的谢意,是他们在编审过程中的无私奉献与辛勤工作,才使得教材能够按计划出版。

“十年树木,百年树人”,人才的培养需要教育者长期坚持不懈的努力,同样,好的教材也需要经过千锤百炼才能流传百世。本系列教材的出版只是我们打造精品专业教材的开始,希望各院校在对这些教材的使用过程中,提出改进意见与建议,以便日后再版时不断改正与完善。

黄河水利出版社

全国高等院校水利水电类精品规划教材

编 审 委 员 会

主 任：	三峡大学	刘德富	华北水利水电学院	刘汉东
副主任：	西安理工大学	黄 强	郑州大学	吴泽宁
	云南农业大学	文 俊	长春工程学院	左战军
委 员：	西安理工大学	姚李孝	西北农林科技大学	辛全才
	扬州大学	程吉林	三峡大学	田 斌
	华北水利水电学院	孙明权	长沙理工大学	樊鸣放
	重庆交通大学	许光祥	河北农业大学	杨路华
	沈阳农业大学	迟道才	河北工程大学	丁光彬
	山东农业大学	刘福胜	黑龙江大学	于雪峰
	新疆农业大学	侍克斌	内蒙古农业大学	刘廷玺
	三峡大学	张京穗	华北水利水电学院	张 丽
	沈阳农业大学	杨国范	南昌工程学院	陈春柏
	长春工程学院	尹志刚	昆明理工大学	王海军
	南昌大学	刘成林	西华大学	赖喜德

前 言

本教材根据全国高等院校水利水电类精品规划教材的出版规划,定位于培养应用型人才的目标,结合电力行业《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009)编写,同时对水利行业《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008)作了介绍。

本书可作为水利水电工程、农业水利工程、工程管理及相关专业的教材,亦可作为水利水电工程专业人员的参考用书。全书分上、下两篇(共16章),上篇为钢筋混凝土结构基本受力构件,主要内容包括钢筋混凝土材料的物理力学性能,钢筋混凝土结构设计基本原理,受弯构件、轴心受力构件、偏心受力构件和受扭构件的承载力计算,钢筋混凝土受冲切和局部受压承载力计算,钢筋混凝土构件正常使用极限状态验算,以及预应力混凝土结构等;下篇主要为钢筋混凝土结构设计,主要内容包括钢筋混凝土肋形结构及刚架结构,水工钢筋混凝土结构耐久性设计,水工非杆件混凝土结构,水工钢筋混凝土结构的抗震设计,素混凝土结构构件的计算,以及《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008)的设计方法等。为培养强化实践能力,本书编写了配套的辅助用书《水工混凝土结构习题集与课程设计》,其主要内容包括基本要求,重点、难点分析,计算例题,综合练习等。

由于我国管理体制的不同,涉及水利工程的各种标准、规范和规程等均有两套版本,一套为水利部主管的水利行业标准,另一套为国家能源局(原电力部)主管的电力行业标准。同样,水工混凝土结构设计规范也分为两个版本,一本为水利行业的水利水电工程《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008),另一本为电力行业的水电水利工程《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009)。这两本规范除设计表达式存在较大差异外,其他大部分条文的内容基本相同或略有差异。电力行业的《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009)采用以概率为基础的极限状态设计法,其承载能力设计表达式采用5个分项系数,即结构重要性系数 γ_0 、设计状况系数 ψ 、结构系数 γ_d 、荷载分项系数 γ_c 和 γ_Q 、材料分项系数 γ_c 和 γ_s 表达,以保证结构应有的可靠度。而水利行业的《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008),在多系数分析的基础上,将结构重要性系数 γ_0 、设计状况系数 ψ 、结构系数 γ_d 合并为单一安全系数 K , $K = \gamma_d \gamma_0 \psi$,即采用3个系数:安全系数 K 、荷载分项系数 γ_c 和 γ_Q 、材料分项系数 γ_c 和 γ_s 来表达结构的可靠度,但SL 191—2008中的 γ_0 和 ψ 的取值与DL/T 5057—2009不完全一致。本书以DL/T 5057—2009为基础进行编写,然后单独编写一章介绍DL/T 5057—2009与SL 191—2008的主要不同之处,使读者通过本书的学习,能够掌握DL/T 5057—2009和SL 191—2008两本规范的设计方法。

本书中采用的符号、计算的基本规定、各种构件的计算与构造规定等,主要依据国家标准《建筑结构设计术语和符号标准》(GB/T 50083—97)和《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009)编写,同时还参考了我国其他有关规范。

本书由郑州大学、西安理工大学、沈阳农业大学、山东农业大学、华北水利水电学院和

河北工程大学等六所院校合编。参加编写工作的人员有:郑州大学李平先(主要符号、绪论、第三章和第十六章),华北水利水电学院潘丽云(第一章和第十二章),西安理工大学孙静、李哲(第二章和第十章),沈阳农业大学徐伟、王瑄(第四章和第七章),山东农业大学翟爱良(第五章和第六章),郑州大学韩菊红(第八章和第十三章),河北工程大学盛朝晖(第九章和第十四章),郑州大学郭进军(第十一章、第十五章和附录)。全书由郑州大学李平先担任主编并负责统稿,由孙静、翟爱良、徐伟担任副主编,并由郑州大学丁自强教授和华北水利水电学院李树瑶教授主审。

本书编写过程中得到了黄河水利出版社领导的关心和支持,编辑部编辑人员为本书的出版付出了辛勤劳动,郑州大学李冰、华莎等协助原稿的打印、制图和校对工作,同时得到了各兄弟院校和工程单位的大力支持,在此表示衷心的感谢!

本书有些材料引自有关院校和生产、科研、设计单位编写的教材和专著、文章等,编者在此一并致谢。限于编者的水平,书中错误和缺点在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2011年12月

水工混凝土结构主要符号

材料性能

E_c ——混凝土弹性模量；

E_s ——钢筋弹性模量；

G_c ——混凝土剪变模量；

μ_c ——混凝土泊松比；

C20——立方体抗压强度标准值为 20 N/mm^2 的混凝土强度等级；

F100——抗冻级别为 100 的混凝土抗冻等级；

W2——抗渗级别为 2 的混凝土抗渗等级；

f_{ck} 、 f_c ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；

f_{tk} 、 f_t ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；

f_{yk} ——普通钢筋的抗拉强度标准值；

f_{ptk} ——钢棒、钢丝、钢绞线、螺纹钢作为预应力钢筋时的强度标准值；

f_y 、 f'_y ——普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

f_{py} 、 f'_{py} ——预应力钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

f_{yv} 、 f_{yh} ——竖向、水平箍筋抗拉强度设计值。

作用(荷载)和作用(荷载)效应

M 、 N 、 T 、 V ——由各作用(荷载)标准值乘以相应的作用分项系数后所产生的效应总和再乘以结构重要性系数 γ_0 及设计状况系数 ψ 后的弯矩、轴向力、扭矩、剪力设计值；

M_k 、 N_k ——荷载效应标准组合,由各作用(荷载)标准值所产生的效应总和再乘以结构重要性系数 γ_0 后的弯矩、轴向力；

N_p ——后张法构件预应力钢筋及非预应力钢筋的合力；

N_{p0} ——混凝土法向应力等于零时预应力钢筋及非预应力钢筋的合力；

V_c ——混凝土的受剪承载力；

V_{sv} 、 V_{sh} ——竖向、水平箍筋的受剪承载力；

V_{sb} ——弯起钢筋的受剪承载力；

σ_{ck} ——在荷载效应的标准组合下抗裂验算边缘的混凝土法向应力；

σ_{pc} ——由预加应力产生的混凝土法向应力；

σ_{tp} 、 σ_{ep} ——混凝土中的主拉应力、主压应力；

σ_s 、 σ_p ——正截面承载力计算中纵向普通钢筋、预应力钢筋的应力；

σ_{sk} ——按荷载效应的标准组合计算的构件的纵向受拉钢筋应力；

- σ_{con} ——预应力钢筋张拉控制应力；
 $\sigma_{p0}、\sigma'_{p0}$ ——受拉区、受压区预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力钢筋应力；
 $\sigma_{pe}、\sigma'_{pe}$ ——受拉区、受压区预应力钢筋的有效预应力；
 $\sigma_l、\sigma'_l$ ——受拉区、受压区预应力钢筋在相应阶段的预应力损失值；
 τ ——混凝土的剪应力。

几何参数符号

- a ——纵向非预应力和预应力受拉钢筋合力点至截面近边的距离；
 $a_s、a'_s$ ——纵向非预应力受拉钢筋合力点、受压钢筋合力点至截面近边的距离；
 $a_p、a'_p$ ——受拉区纵向预应力钢筋合力点、受压区纵向预应力钢筋合力点至截面近边的距离；
 b ——矩形截面宽度，T形、I形截面腹板的宽度；
 $b_f、b'_f$ ——T形或I形截面受拉区、受压区翼缘的计算宽度；
 c ——混凝土保护层厚度；
 d ——钢筋直径；
 $e、e'$ ——轴向力作用点至纵向受拉钢筋合力点、纵向受压钢筋合力点的距离；
 e_c ——混凝土受压区的合力点到截面重心的距离；
 e_0 ——轴向力对截面重心的偏心距；
 $e_{p0}、e_{pn}$ ——换算截面重心、净截面重心至预应力钢筋及非预应力钢筋合力点的距离；
 h ——截面高度；
 h_0 ——截面有效高度，即受拉钢筋的重心至截面受压边缘的距离；
 $h_f、h'_f$ ——T形或I形截面受拉区、受压区翼缘的高度；
 h_w ——截面腹板的高度；
 i ——回转半径；
 l_a ——纵向受拉钢筋的最小锚固长度；
 l_0 ——计算跨度或计算长度；
 r_c ——曲率半径；
 s ——箍筋或分布钢筋的间距；
 x ——混凝土受压区计算高度；
 x_b ——界限受压区计算高度；
 y'_c ——混凝土截面重心至受压区边缘的距离；
 $y_0、y_n$ ——换算截面重心、净截面重心至所计算纤维的距离；
 $y_p、y'_p$ ——受拉区、受压区的预应力合力点至换算截面重心的距离；
 $y_s、y'_s$ ——受拉区、受压区的非预应力钢筋重心至换算截面重心的距离；
 z ——纵向受拉钢筋合力点至混凝土受压区合力点之间的距离；
 A ——构件截面面积；
 A_c ——混凝土截面面积；

- A'_c ——混凝土受压区的截面面积；
 A_0 ——构件换算截面面积；
 A_n ——构件净截面面积；
 A_s, A'_s ——受拉区、受压区纵向非预应力钢筋的截面面积；
 A_{te} ——有效受拉混凝土截面面积；
 A_p, A'_p ——受拉区、受压区纵向预应力钢筋的截面面积；
 A_{st} ——抗扭纵向钢筋的全部截面面积；
 A_{svl}, A_{stl} ——受剪、受扭计算中单肢箍筋的截面面积；
 A_{sv}, A_{sh} ——同一截面内各肢竖向箍筋、水平箍筋的全部截面面积；
 A_{sb}, A_{pb} ——同一弯起平面内非预应力、预应力弯起钢筋的截面面积；
 A_l ——混凝土局部受压面积；
 B_s ——受弯构件的短期刚度；
 B ——受弯构件按标准组合并考虑长期作用影响的刚度；
 W_t ——截面受拉边缘的弹性抵抗矩，受扭构件的截面受扭塑性抵抗矩；
 W_c ——截面受压边缘的弹性抵抗矩；
 W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩；
 I_c ——混凝土截面对其本身重心轴的惯性矩；
 I_0 ——换算截面惯性矩；
 I_n ——净截面惯性矩；
 W_{max} ——最大裂缝宽度；
 W_{lim} ——最大裂缝宽度限值。

计算系数及其他

- a ——混凝土的导温系数；
 c ——混凝土的比热；
 α_{cr} ——裂缝宽度验算时考虑构件受力特征的系数；
 α_c ——混凝土线膨胀系数；
 α_{ct} ——混凝土拉应力限制系数；
 α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值；
 β ——混凝土的放热系数；
 β_l ——混凝土局部受压时的强度提高系数；
 β_t ——剪扭构件混凝土受扭承载力降低系数；
 γ ——受拉区混凝土塑性影响系数；
 γ_m ——截面抵抗矩的塑性系数；
 γ_d ——结构系数；
 γ_G ——永久作用(荷载)分项系数；
 γ_Q ——可变作用(荷载)分项系数；
 γ_0 ——结构重要性系数；

- η ——偏心受压构件考虑二阶效应影响的轴向压力偏心距增大系数,局部荷载或集中反力作用面的形状系数;
- θ ——考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数;
- λ ——剪跨比,混凝土的导热系数;
- ξ ——相对受压区高度;
- ξ_b ——纵向受拉钢筋屈服和受压混凝土破坏同时发生时的相对界限受压区计算高度;
- ρ ——纵向钢筋配筋率;
- ρ_{\min} ——最小配筋率;
- ρ_{sv} ——竖向箍筋或竖向分布钢筋的配筋率;
- ρ_{sh} ——水平箍筋或水平分布钢筋的配筋率;
- ρ_{te} ——纵向受拉钢筋的有效配筋率;
- ρ_v ——间接钢筋的体积配筋率,箍筋的体积配筋率;
- φ ——轴心受压构件的稳定系数;
- ψ ——设计状况系数;
- ω ——荷载分布的影响系数。

目 录

出版者的话

前 言

水工混凝土结构主要符号

上篇 钢筋混凝土结构基本受力构件

绪 论	(1)
第一节 钢筋混凝土结构的基本概念及特点	(1)
第二节 钢筋混凝土结构的发展和应用	(3)
第三节 水工混凝土结构课程的性质、任务及特点	(8)
第一章 钢筋混凝土材料的物理力学性能	(11)
第一节 混凝土的物理力学性能	(11)
第二节 钢筋的种类和力学性能	(23)
第三节 钢筋与混凝土的黏结性能	(29)
第二章 钢筋混凝土结构设计基本原理	(36)
第一节 概率论和数理统计基本知识	(36)
第二节 结构的功能要求和极限状态	(40)
第三节 作用效应和结构抗力	(45)
第四节 水工混凝土结构设计规范的实用设计表达式	(52)
第五节 钢筋混凝土结构设计理论发展简史	(58)
第三章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	(60)
第一节 受弯构件截面尺寸及配筋的构造要求	(60)
第二节 受弯构件正截面承载力的试验研究	(63)
第三节 受弯构件正截面承载力计算的基本理论和破坏的界限条件	(69)
第四节 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	(74)
第五节 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	(82)
第六节 T形截面受弯构件正截面承载力计算	(88)
第四章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	(93)
第一节 概 述	(93)
第二节 受弯构件斜截面的受力特点和破坏形态	(95)
第三节 受弯构件斜截面受剪承载力计算	(102)
第四节 受弯构件斜截面受弯承载力	(112)
第五节 配筋构造要求	(116)

第五章 钢筋混凝土轴心受力构件承载力计算	(129)
第一节 轴心受力构件的构造要求	(129)
第二节 轴心受压构件的承载力计算	(132)
第三节 轴心受拉构件的承载力计算	(136)
第六章 钢筋混凝土偏心受力构件承载力计算	(138)
第一节 偏心受压构件的构造要求	(138)
第二节 偏心受压构件正截面承载力计算	(141)
第三节 对称配筋的矩形截面偏心受压构件承载力计算	(157)
第四节 偏心受压构件截面承载力 $N \sim M$ 的关系	(161)
第五节 偏心受拉构件正截面承载力计算	(163)
第六节 偏心受力构件斜截面受剪承载力计算	(167)
第七章 钢筋混凝土受扭构件承载力计算	(169)
第一节 概 述	(169)
第二节 开裂扭矩	(170)
第三节 钢筋混凝土纯扭构件的受扭承载力计算	(173)
第四节 钢筋混凝土剪扭和弯扭构件的承载力计算	(180)
第五节 钢筋混凝土构件在弯矩、剪力和扭矩共同作用下的承载力计算	(190)
第八章 钢筋混凝土受冲切和局部受压承载力计算	(194)
第一节 受冲切承载力计算	(194)
第二节 受冲钢筋的构造要求	(202)
第三节 局部受压承载力计算	(204)
第九章 钢筋混凝土构件正常使用极限状态验算	(211)
第一节 概 述	(211)
第二节 钢筋混凝土构件抗裂验算	(212)
第三节 荷载作用下钢筋混凝土构件裂缝宽度验算	(218)
第四节 钢筋混凝土受弯构件变形验算	(228)
第十章 预应力混凝土结构	(232)
第一节 预应力混凝土的基本概念	(232)
第二节 施加预应力的方法和预应力混凝土的材料	(234)
第三节 张拉控制应力及预应力损失	(239)
第四节 预应力混凝土轴心受拉构件	(251)
第五节 预应力混凝土受弯构件	(264)
第六节 预应力混凝土构件的构造要求	(281)

下篇 钢筋混凝土结构设计

第十一章 钢筋混凝土肋形结构及刚架结构	(283)
第一节 概 述	(283)
第二节 单向板肋形结构	(286)

第三节	双向板肋形结构	(305)
第四节	钢筋混凝土肋形结构设计实例	(311)
第五节	钢筋混凝土刚架结构的计算与构造	(325)
第六节	钢筋混凝土立柱独立牛腿的设计	(335)
第七节	钢筋混凝土柱下基础	(340)
第十二章	水工钢筋混凝土结构耐久性设计	(349)
第一节	影响混凝土结构耐久性的主要因素及防治措施	(349)
第二节	混凝土结构耐久性设计	(352)
第三节	混凝土结构耐久性研究展望	(359)
第十三章	水工非杆件混凝土结构	(362)
第一节	按弹性应力图形配筋的设计原则	(362)
第二节	深受弯构件的承载力计算	(363)
第三节	钢筋混凝土非线性有限单元法配筋原则	(374)
第四节	温度作用配筋原则	(375)
第五节	纵向受力钢筋的最小配筋率	(383)
第十四章	水工钢筋混凝土结构的抗震设计	(386)
第一节	地震基本知识	(386)
第二节	抗震基本概念	(387)
第三节	抗震概念设计	(391)
第四节	地震作用效应计算	(393)
第五节	钢筋混凝土结构抗震设计的一般规定	(399)
第六节	钢筋混凝土框架、排架和桥跨结构的抗震设防	(399)
第十五章	素混凝土结构构件的计算	(409)
第一节	一般规定	(409)
第二节	受压构件的承载力计算	(409)
第三节	受弯构件的承载力计算	(412)
第四节	局部受压承载力计算	(412)
第五节	素混凝土结构构造要求	(412)
第十六章	水利行业混凝土结构设计方法简介	(415)
第一节	钢筋混凝土结构材料	(415)
第二节	钢筋混凝土结构设计方法	(416)
第三节	钢筋混凝土结构受弯构件正截面承载力计算	(420)
第四节	钢筋混凝土结构受弯构件斜截面承载力计算	(424)
第五节	钢筋混凝土结构轴心受力构件承载力计算	(426)
第六节	钢筋混凝土结构偏心受力构件承载力计算	(427)
第七节	钢筋混凝土结构受扭构件承载力计算	(430)
第八节	钢筋混凝土结构受冲切和局部受压承载力计算	(433)
第九节	钢筋混凝土结构裂缝宽度和挠度验算	(434)

第十节	预应力混凝土结构设计	(436)
附 录	(440)
附录一	水工建筑物结构安全级别、作用(荷载)分项系数、结构系数及环境 条件类别	(440)
附录二	材料强度的标准值、设计值及材料的弹性模量	(441)
附录三	钢筋、钢绞线、钢棒的公称直径、计算截面面积及理论质量	(445)
附录四	一般构造规定	(449)
附录五	正常使用极限状态验算的有关限值及系数值	(451)
附录六	等跨等截面连续梁在常用荷载作用下的内力及挠度系数	(453)
附录七	端弯矩作用下等跨连续板、梁各截面的弯矩及剪力计算系数	(462)
附录八	按弹性理论计算在均布荷载作用下矩形双向板内力和挠度系数 ..	(463)
参考文献	(469)

上篇 钢筋混凝土结构基本受力构件

绪 论

第一节 钢筋混凝土结构的基本概念及特点

一、混凝土结构的一般概念

结构广义上是指房屋建筑和土木工程的建筑物、构筑物及其相关组成部分的实体,狭义上是指各种工程实体的主要承重骨架或传力体系。混凝土结构(Concrete Structure)是指以混凝土为主要材料制作的结构,包括钢筋混凝土结构(Reinforced Concrete Structure)、预应力混凝土结构(Prestressed Concrete Structure)和素混凝土结构(Plain Concrete Structure)等。钢筋混凝土结构是指配置普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土结构;由配置受力的预应力钢筋通过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土制成的结构称为预应力混凝土结构;素混凝土结构是指无筋或不配置受力钢筋的混凝土结构。钢筋混凝土结构是目前我国土木工程中应用最为广泛的结构,据统计,我国每年混凝土用量约9亿 m^3 ,钢筋约2000万吨,我国每年用于混凝土结构的耗资达2000亿元以上。

二、钢筋混凝土结构的特点

混凝土是一种人造石材,其抗压强度高,而抗拉强度很低(为抗压强度的 $1/8 \sim 1/20$),同时混凝土破坏具有明显的脆性,用于以受压为主的基础、桥墩、非承重结构。

钢材的抗拉强度和抗压强度都很高,钢材一般具有屈服现象,破坏时表现出较好的延性。但细长钢筋受压时极易失稳,仅能作为受拉构件。

钢筋混凝土是将两种力学性能不同的材料——钢筋和混凝土结合成整体,共同发挥作用的一种建筑材料。

图0-1(a)为一素混凝土梁,截面尺寸 $b \times h = 200 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$,跨度4 m,混凝土强度等级为C25,当梁的跨中作用集中力 P 时,梁截面的上部受压、下部受拉。在相对较低的荷载下,梁跨中附近截面受拉边缘混凝土达到极限抗拉强度,混凝土开裂而破坏,梁的开

裂荷载即为其破坏荷载 $P_{cr} = P_u = 16.1 \text{ kN}$ 。这种破坏是突然的,没有明显的预兆,属于脆性破坏。由此可见,素混凝土梁的承载力是由混凝土的抗拉强度控制的,而受压区混凝土的抗压强度还没有被充分利用。

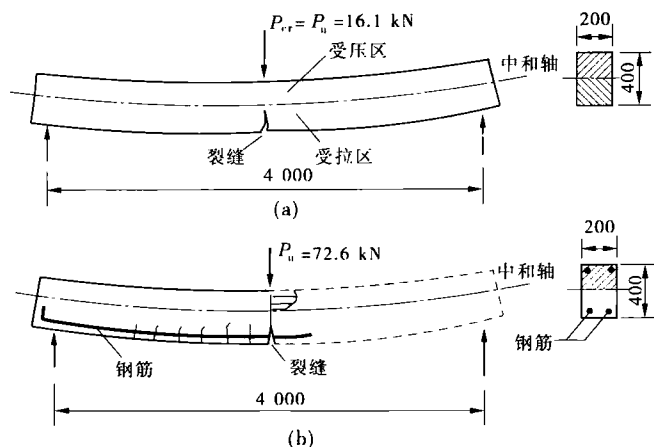


图 0-1 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的破坏对比

如果在梁的受拉区配置两根直径为 20 mm 的 HRB400 级钢筋 ($2 \Phi 20$),并在受压区配置两根直径为 10 mm 的架立钢筋和适量的箍筋,形成钢筋混凝土梁(见图 0-1(b)),当荷载 $P_{cr} = 16.1 \text{ kN}$ 时,受拉区的混凝土边缘纤维达到混凝土极限拉应变而开裂,但钢筋可以替代开裂的混凝土而承受全部的拉力,因而可继续承受荷载,直至受拉区钢筋达到屈服强度,裂缝向上延伸,受压区混凝土被压碎而破坏,破坏时的荷载 $P_u = 72.6 \text{ kN}$ 。由此可见,在素混凝土梁的受拉区配置一定数量的钢筋后可以收到以下效果:

(1) 构件的承载力有很大提高。钢筋混凝土梁的承载力比素混凝土梁的承载力有很大提高,其提高程度取决于钢筋的数量和级别、截面尺寸、混凝土强度等级等。

(2) 构件的受力特性得到显著改善。对素混凝土梁,当荷载较小时,截面上的应变沿截面高度呈直线分布,随着荷载的增加,受拉区边缘纤维达到混凝土极限拉应变,并出现一定的塑性高度,混凝土达到其极限抗拉强度而破坏。对钢筋混凝土梁,在受拉区开裂后,由于纵向钢筋承受拉力,裂缝不会迅速开展,梁也不会立即断裂,随着荷载的增加,裂缝向受压区延伸,直至受拉钢筋达到屈服强度,受压区混凝土的抗压强度被充分利用而破坏,破坏前,梁的变形和裂缝都得到了充分发展,呈现出明显的延性破坏。

由此可知,钢筋混凝土梁充分利用了钢筋和混凝土各自的特性,用抗压强度高的混凝土承担压力,用抗拉强度高的钢筋承担拉力,合理做到了物尽其用。

钢筋和混凝土这两种性质完全不同的材料之所以能有效地结合在一起共同工作,主要是由于钢筋和混凝土之间具有良好的黏结力,使两者能牢固地黏结在一起,共同变形;其次是由于钢筋和混凝土的温度线膨胀系数接近相等(钢筋为 1.2×10^{-5} ,混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$),因此当温度变化时,不会产生较大的相对变形和温度应力而使黏结破坏。此外,钢筋至构件边缘之间的混凝土保护层,起着防止钢筋发生锈蚀的作用,保证结构的耐久性。