

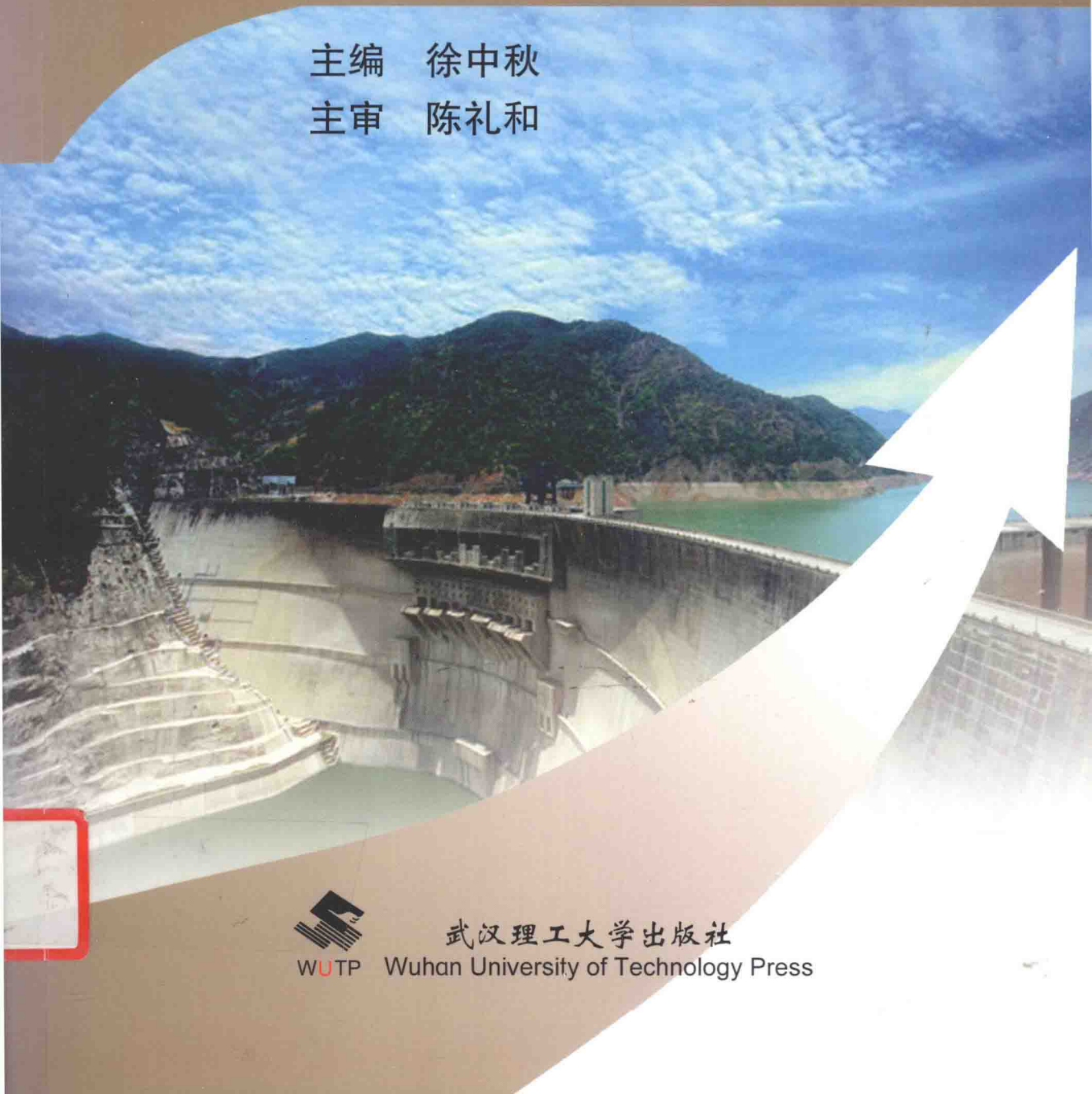


高等学校土建类专业**应用型本科**“十二五”规划教材

水工钢筋混凝土结构

SHUIGONG GANGJIN HUNNINGTU JIEGOU

主编 徐中秋
主审 陈礼和



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材

水工钢筋混凝土结构

主 编 徐中秋

主 审 陈礼和

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书编写主要面向应用型教学培养计划。内容依据电力系统《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009),并介绍了水利系统《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008)的基本设计表达式。此外,结构构件材料的选用及配筋构造要求方面,参考了《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)。

全书共分 12 个部分,内容包括:绪论,混凝土结构材料的物理力学性能,钢筋混凝土结构设计计算原理,钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算,钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算,钢筋混凝土受压构件承载力计算,钢筋混凝土受拉构件承载力计算,钢筋混凝土受扭构件承载力计算,钢筋混凝土构件正常使用极限状态验算,钢筋混凝土肋形结构及刚架结构,预应力混凝土结构,以及水工钢筋混凝土结构课程设计。为方便教学,便于学生自学、自检和自测,各章均设有学习目标、小结、思考题和设计计算等内容。

本书系应用型本科高校水利水电类专业“水工钢筋混凝土结构”课程的教材,也可作为水利水电工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水工钢筋混凝土结构/徐中秋主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2015.7
ISBN 978-7-5629-4907-7

I. ①水… II. ①徐… III. ①水工结构-钢筋混凝土结构 IV. ①TV332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 163787 号

项目负责人:王利永(027-87106428)

责任编辑:王利永

责任校对:王 思

装帧设计:许伶俐

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:20

字 数:512 千字

版 次:2015 年 8 月第 1 版

印 次:2015 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材

编审委员会

顾问: 马成松 江义声 杜月中 孟高头 唐友尧 熊丹安

主任: 李新福 杨学忠

副主任: (按姓氏笔画排列)

向惠生 许立强 许程洁 陈升平 陈礼和 陈蓓

陈俊杰 陈宜虎 张秀成 张志国 张伯平 杨和礼

杨子江 郑毅 柳立生 姜袁 姚金星 荀勇

胡铁明 袁海庆 蒋沧如

委员: (按姓氏笔画排列)

牛秀艳 邓训 王有凯 王晓琴 卢晓丽 史兆琼

毕艳 孙艳 许汉明 刘富勤 刘江 刘伟

刘芳 刘斌 刘黎虹 刘广杰 刘红霞 邹祖绪

吴秀丽 张端丹 张敏 张朝新 张淑华 陈金洪

沈中友 杜春海 苏卿 李永信 李武生 宋非非

宋平 杨双全 周燕 周先齐 赵峰 赵亮

赵元勤 胡忠君 柯于锴 施鲁莎 徐中秋 徐珍

董晓琳 韩东男 程瑶 鲁晓俊 赫桂梅 熊海滢

熊瑞生

秘书: 王利永

总责任编辑: 于应魁

前 言

本书是依据《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009)、面向应用型本科高校相关专业的教学培养计划编写的。本教材具有以下特点:

(1) 目前,《水工混凝土结构设计规范》有两个版本:一个是电力系统的《水工混凝土结构设计规范》(DL/T5057—2009),另一个是水利系统的《水工混凝土结构设计规范》(SL191—2008)。这两本规范的内容稍有差异,但在实用设计表达式的表达方式上差别较大。本书编写主要依据(DL/T 5057—2009)规范,但在第2章“钢筋混凝土结构设计计算原理”中会专门阐述两本规范设计表达式的区别与内在联系。通过本教材的学习后,可应用(DL/T 5057—2009)和(SL 191—2008)两本规范对水工钢筋混凝土结构进行设计。

(2) 在本书编写过程中,在材料选用及配筋构造等方面,本教材参考了《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)的部分内容,以反映我国混凝土结构设计领域的最新研究成果与工程经验。但在材料使用方面,《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)规定受力钢筋应使用 HRB400、HRB500,本教材考虑到《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009)的相关内容要求,还有部分例题、习题使用 HRB335 作为受力钢筋。

(3) 本书是应用型本科教材。因此,在每一章开始,我们都介绍了本章的学习目标,指明了本章的重点与难点;而在每章结尾,均对本章内容进行了小结,并附有思考题、设计计算题(习题),方便教与学。其中,第11章水工钢筋混凝土结构课程设计资料,包含了肋形楼盖、渡槽和水闸工作桥的设计参考资料和任务书,更加突出了应用型本科专业教学的特点和要求。

本书由河海大学文天学院徐中秋担任主编,河海大学文天学院陈礼和担任主审。参加编写的人员为:河海大学文天学院徐中秋(绪论、第3章、第5章),河海大学文天学院商娟(第1章、第2章),河海大学文天学院蔡元妃(第4章、第6章、第7章),三峡大学科技学院张书华(第8章、第10章),河海大学文天学院蔡佳佳(第9章、第11章)。全书由徐中秋负责统稿工作。

限于水平有限,不妥之处在所难免,欢迎批评指正。

编 者

2015年5月

目 录

0 绪论	(1)
0.1 钢筋混凝土结构的特点	(1)
0.2 钢筋混凝土结构的发展简史	(3)
0.3 本课程的特点	(4)
思考题	(5)
1 混凝土结构材料的物理力学性能	(6)
1.1 钢筋的品种和力学性能	(6)
1.1.1 钢筋的品种	(6)
1.1.2 钢筋的力学性能	(7)
1.1.3 混凝土结构对钢筋性能的要求	(9)
1.2 混凝土的物理力学性能	(10)
1.2.1 混凝土的强度	(10)
1.2.2 混凝土的变形	(14)
1.2.3 混凝土的其他性能	(18)
1.3 钢筋与混凝土的粘结	(19)
1.3.1 钢筋与混凝土之间的粘结力	(19)
1.3.2 钢筋的锚固与接头	(20)
本章小结	(22)
思考题	(23)
2 钢筋混凝土结构设计计算原理	(24)
2.1 结构可靠度	(24)
2.1.1 结构上的作用(荷载)、荷载效应及结构抗力	(24)
2.1.2 结构的预定功能及结构可靠度	(25)
2.2 荷载和材料强度	(25)
2.2.1 荷载标准值的确定	(26)
2.2.2 材料强度标准值的确定	(26)
2.3 极限状态设计法	(28)
2.3.1 结构的极限状态	(28)
2.3.2 结构的功能函数与极限状态方程	(28)
2.3.3 结构可靠度的计算	(29)
2.4 《水工混凝土结构设计规范》的实用设计表达式	(31)
2.4.1 (DL/T 5057—2009)规范	(31)

2.4.2	(SL 191—2008)规范	(36)
本章小结		(40)
思考题		(40)
设计计算		(40)
3	钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	(42)
3.1	受弯构件的截面形式和构造	(43)
3.1.1	截面形式	(43)
3.1.2	截面尺寸	(44)
3.1.3	混凝土保护层厚度	(44)
3.1.4	梁内钢筋的直径和净距	(44)
3.1.5	板内钢筋的直径与间距	(45)
3.2	受弯构件正截面的受力特性	(46)
3.2.1	配筋率对构件破坏特征的影响	(46)
3.2.2	适筋梁正截面的破坏特征	(47)
3.3	正截面受弯承载力计算原则	(48)
3.3.1	计算方法的基本假定	(48)
3.3.2	适筋和超筋破坏的界限	(49)
3.3.3	最小配筋率	(51)
3.4	单筋矩形截面构件正截面受弯承载力计算	(51)
3.4.1	计算简图	(51)
3.4.2	基本公式	(52)
3.4.3	最大配筋率和最大受弯承载力	(53)
3.4.4	截面设计	(53)
3.4.5	承载力复核	(55)
3.5	双筋矩形截面构件正截面受弯承载力计算	(60)
3.5.1	计算简图和基本公式	(60)
3.5.2	截面设计	(62)
3.5.3	承载力复核	(63)
3.6	T形截面构件正截面受弯承载力计算	(66)
3.6.1	一般说明	(66)
3.6.2	计算简图和基本公式	(68)
3.6.3	截面设计	(69)
3.6.4	承载力复核	(71)
本章小结		(74)
思考题		(74)
设计计算		(75)

4 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	(79)
4.1 受弯构件斜截面受力与破坏分析.....	(79)
4.1.1 斜截面开裂前的受力分析.....	(79)
4.1.2 无腹筋梁斜截面受力及破坏分析.....	(80)
4.1.3 有腹筋梁斜截面受力分析.....	(82)
4.1.4 受弯构件斜截面破坏形态.....	(83)
4.1.5 影响受弯构件斜截面受剪承载力的主要因素.....	(84)
4.2 受弯构件斜截面受剪承载力计算.....	(85)
4.2.1 基本计算公式.....	(85)
4.2.2 仅配箍筋梁的斜截面受剪承载力计算.....	(86)
4.2.3 抗剪弯起钢筋的计算.....	(86)
4.2.4 在顶面直接作用分布荷载的受弯构件.....	(87)
4.2.5 梁截面尺寸或混凝土强度等级的下限.....	(88)
4.2.6 腹筋布置的原则.....	(88)
4.2.7 斜截面抗剪配筋计算步骤.....	(89)
4.2.8 实心板的斜截面受剪承载力计算.....	(90)
4.3 钢筋骨架的构造.....	(95)
4.3.1 箍筋构造.....	(95)
4.3.2 纵向钢筋的构造.....	(96)
4.4 钢筋混凝土构件施工图.....	(100)
4.4.1 模板图.....	(100)
4.4.2 配筋图.....	(100)
4.4.3 钢筋表.....	(100)
4.4.4 说明或附注.....	(101)
本章小结.....	(102)
思考题.....	(103)
设计计算.....	(103)
5 钢筋混凝土受压构件承载力计算	(105)
5.1 受压构件的截面形式和构造.....	(105)
5.1.1 截面形式和尺寸.....	(105)
5.1.2 混凝土.....	(106)
5.1.3 纵向钢筋.....	(106)
5.1.4 箍筋.....	(106)
5.2 轴心受压构件正截面承载力计算.....	(107)
5.2.1 普通箍筋柱的破坏特征.....	(107)
5.2.2 普通箍筋柱受压承载力计算.....	(109)
5.3 偏心受压构件正截面承载力计算.....	(109)

5.3.1	破坏特征	(109)
5.3.2	两类偏心受压破坏的界限	(110)
5.3.3	偏心受压构件纵向弯曲影响	(111)
5.3.4	矩形截面偏心受压构件的计算	(112)
5.3.5	矩形截面偏心受压构件的截面设计及承载力复核	(114)
5.3.6	垂直于弯矩作用平面的承载力复核	(119)
5.4	对称配筋的矩形截面偏心受压构件	(123)
5.5	偏心受压构件截面承载能力 N 与 M 的关系	(126)
5.6	偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	(127)
	本章小结	(128)
	思考题	(128)
	设计计算	(129)
6	钢筋混凝土受拉构件承载力计算	(130)
6.1	偏心受拉构件正截面承载力计算	(130)
6.1.1	偏心受拉构件的破坏特征	(130)
6.1.2	偏心受拉构件承载力计算	(131)
6.1.3	矩形截面偏心受拉构件的截面设计及承载力复核	(133)
6.2	偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算	(136)
	本章小结	(136)
	思考题	(137)
	设计计算	(137)
7	钢筋混凝土受扭构件承载力计算	(138)
7.1	概述	(138)
7.2	钢筋混凝土受扭构件的破坏分析	(139)
7.2.1	矩形截面纯扭构件的受力与破坏分析	(139)
7.2.2	矩形截面构件在弯、剪、扭共同作用下的破坏分析	(140)
7.2.3	矩形截面纯扭构件的开裂扭矩	(141)
7.2.4	带翼缘截面纯扭构件的开裂扭矩	(142)
7.3	钢筋混凝土纯扭构件的承载力计算	(143)
7.3.1	矩形截面纯扭构件的承载力计算	(143)
7.3.2	带翼缘截面纯扭构件的承载力计算	(144)
7.4	钢筋混凝土构件在弯、剪、扭共同作用下的承载力计算	(145)
7.4.1	构件在剪、扭作用下的承载力计算	(145)
7.4.2	构件在弯、扭作用下的承载力计算	(146)
7.4.3	构件在弯、剪、扭作用下的承载力计算	(146)
7.4.4	计算公式的适用条件及构造要求	(147)
	本章小结	(152)

思考题	.....	(153)
设计计算	.....	(153)
8 钢筋混凝土构件正常使用极限状态验算	.....	(154)
8.1 概述	.....	(154)
8.2 抗裂验算	.....	(155)
8.2.1 轴心受拉构件	.....	(155)
8.2.2 受弯构件	.....	(156)
8.2.3 偏心受拉构件	.....	(158)
8.2.4 偏心受压构件	.....	(159)
8.3 裂缝开展宽度验算	.....	(160)
8.3.1 裂缝成因	.....	(160)
8.3.2 裂缝开展机理及计算理论简介	.....	(160)
8.3.3 水工混凝土结构设计规范裂缝宽度控制验算方法	.....	(164)
8.4 受弯构件变形验算	.....	(170)
8.4.1 钢筋混凝土受弯构件的挠度试验	.....	(170)
8.4.2 受弯构件的短期抗弯刚度 B_s	.....	(171)
8.4.3 受弯构件的抗弯刚度 B	.....	(172)
8.4.4 受弯构件的挠度验算	.....	(173)
本章小结	.....	(174)
思考题	.....	(175)
设计计算	.....	(175)
9 钢筋混凝土肋形结构及刚架结构	.....	(176)
9.1 概述	.....	(176)
9.2 单向板肋形结构的设计	.....	(178)
9.2.1 结构布置及基本尺寸	.....	(178)
9.2.2 计算简图	.....	(180)
9.2.3 单向板肋形结构按弹性理论的计算	.....	(183)
9.2.4 单向板肋形结构考虑塑性内力重分布的计算	.....	(186)
9.2.5 单向板肋形结构的截面设计和构造要求	.....	(191)
9.3 双向板肋形结构的设计	.....	(195)
9.3.1 双向板的受力特点	.....	(196)
9.3.2 按弹性方法计算内力	.....	(196)
9.3.3 双向板的截面设计与构造	.....	(197)
9.3.4 双向板支承梁的计算特点	.....	(198)
9.4 钢筋混凝土刚架结构的设计	.....	(199)
9.4.1 刚架结构的设计要点	.....	(199)
9.4.2 刚架结构的构造	.....	(200)

本章小结	·····	(203)
思考题	·····	(203)
设计计算	·····	(204)
10 预应力混凝土结构	·····	(206)
10.1 预应力混凝土的基本概念与分类	·····	(206)
10.2 施加预应力的方法、预应力混凝土的材料与张拉机具	·····	(208)
10.2.1 施加预应力的方法	·····	(208)
10.2.2 预应力混凝土的材料	·····	(209)
10.2.3 锚具与夹具	·····	(210)
10.3 预应力钢筋张拉控制应力及预应力损失	·····	(214)
10.3.1 预应力钢筋张拉控制应力 σ_{con}	·····	(214)
10.3.2 预应力损失	·····	(214)
10.4 预应力混凝土轴心受拉构件的应力分析	·····	(221)
10.4.1 先张法预应力混凝土轴心受拉构件的应力分析	·····	(221)
10.4.2 后张法预应力混凝土轴心受拉构件的工作特点及应力分析	·····	(225)
10.5 预应力混凝土轴心受拉构件设计	·····	(227)
10.5.1 使用阶段承载力计算	·····	(227)
10.5.2 抗裂验算及裂缝宽度验算	·····	(228)
10.5.3 轴心受拉构件施工阶段的验算	·····	(230)
10.6 预应力混凝土构件的一般构造要求	·····	(235)
本章小结	·····	(237)
思考题	·····	(238)
设计计算	·····	(239)
11 水工钢筋混凝土结构课程设计	·····	(240)
11.1 肋形楼盖设计参考资料	·····	(240)
11.1.1 概述	·····	(240)
11.1.2 结构布置	·····	(240)
11.1.3 材料的选用和板、梁截面尺寸初步选定	·····	(240)
11.1.4 单向板肋形楼盖设计要点	·····	(241)
11.2 渡槽设计参考资料	·····	(244)
11.2.1 概述	·····	(244)
11.2.2 钢筋梁式渡槽结构形式、尺寸及布置	·····	(245)
11.2.3 钢筋混凝土渡槽的结构设计	·····	(248)
11.3 水闸工作桥设计参考资料	·····	(252)
11.3.1 概述	·····	(252)
11.3.2 工作桥的结构布置和尺寸	·····	(253)
11.3.3 工作桥的计算和配筋	·····	(256)

11.3.4	刚架的计算	(260)
11.3.5	工作桥及其支承的若干构造	(264)
11.4	钢筋混凝土单向板整浇肋形楼盖课程设计任务书	(266)
11.4.1	设计课题	(266)
11.4.2	设计资料	(266)
11.4.3	设计内容	(267)
11.4.4	设计要求	(268)
11.5	渡槽设计任务书	(269)
11.5.1	设计课题	(269)
11.5.2	设计资料	(269)
11.5.3	设计要求	(270)
11.5.4	设计进度	(270)
11.6	水闸工作桥设计任务书	(271)
11.6.1	设计课题	(271)
11.6.2	设计资料	(272)
11.6.3	设计要求	(273)
11.6.4	设计进度	(273)
附录		(275)
参考文献		(305)

0 绪 论

0.1 钢筋混凝土结构的特点

钢筋混凝土结构是由钢筋和混凝土两种材料组成的共同受力的结构。

混凝土是一种抗压能力较强而抗拉能力很弱的建筑材料,这就使得素混凝土结构的应用受到很大限制。图 0.1(a)所示为一根截面为 $200\text{ mm}\times 300\text{ mm}$,跨长为 2.5 m ,混凝土立方体强度为 22.5 N/mm^2 的素混凝土简支梁,当跨中承受约 13.5 kN 的集中力时,就会因混凝土受拉而断裂。这种素混凝土梁不仅承载能力低,而且破坏时是一种突然发生的脆性断裂。此种情形下尽管混凝土的抗压强度比抗拉强度高几倍或十几倍,但其抗压性能得不到充分利用,因为该试件的破坏与否是由混凝土的抗拉强度控制的。如果在这根梁的受拉区配置 2 根直径 20 mm 、屈服强度为 318.2 N/mm^2 的钢筋[图 0.1(b)],用钢筋来代替开裂的混凝土承受拉力,再进行同样的荷载试验,则梁能承受的集中力可增加到 72.3 kN 。由此说明,同样截面形状、尺寸及混凝土强度的钢筋混凝土梁比素混凝土梁可承受大得多的外荷载。而且钢筋混凝土梁破坏以前将发生较大的变形,破坏不再是脆性的。

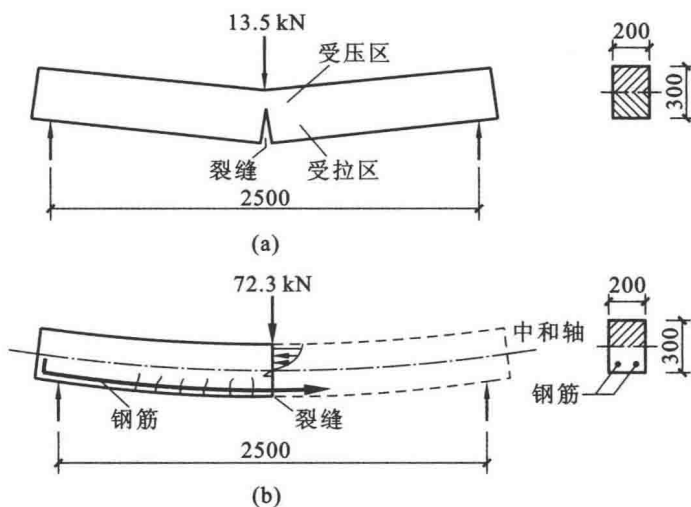


图 0.1 素混凝土及钢筋混凝土简支梁的承载力

(a)素混凝土简支梁;(b)钢筋混凝土简支梁

一般来说,在钢筋混凝土结构中,混凝土主要承担压力,钢筋主要承担拉力,必要时也可承担压力。因此在钢筋混凝土结构中,两种材料的力学性能都能得到充分利用。

钢筋和混凝土是两种物理、力学性能很不相同的材料,它们可以相互结合共同工作的主要原因如下:

(1) 混凝土结硬后,能与钢筋牢固地粘结在一起,相互传递内力。粘结力是这两种性质不同的材料能够共同工作的基础。

(2) 钢筋的线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,混凝土的线膨胀系数为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,二者数值接近。因此,当温度变化时,这两种材料不致产生相对变形和温度应力而发生粘结破坏。

钢筋混凝土结构除了比素混凝土结构具有较高的承载力和较好的受力性能外,与其他结构相比还具有下列优点:

(1) 就地取材。钢筋混凝土结构中所用的砂、石材料一般可就地或就近取材,因而材料运输费用少,可以显著降低工程造价。

(2) 节约钢材。钢筋混凝土结构合理地发挥了材料各自的优良性能,承载力较高,在某些情况下可以代替钢结构,因而能节约钢材。

(3) 耐久性好。在钢筋混凝土结构中,钢筋因受到混凝土保护而不易锈蚀,因此钢筋混凝土结构在一般环境下比钢、木结构经久耐用。

(4) 可模性好。钢筋混凝土可根据设计需要浇制成各种形状和尺寸的结构,尤其适合于建造外形复杂的大体积结构及空间薄壁结构等。

(5) 整体性好。目前广泛采用的现浇整体式钢筋混凝土结构,其整体性好,有利于抗震及抗爆。

(6) 耐火性好。混凝土是不良导热体,由传热性较差的混凝土作为钢筋的保护层,在普通的火灾下不致使钢筋达到变态点温度而导致结构的整体破坏。

但是,事物总是一分为二的,钢筋混凝土结构也存在下述主要缺点:

(1) 自重大。这对于建造大跨度结构及高层抗震结构是不利的。

(2) 施工比较复杂,工序多,施工时间较长。

(3) 耗费木料较多。浇筑混凝土要用模板,木材耗费量较大,但随着钢模板的广泛应用,木材的耗费量已大为减少。另外采用预制装配式构件也可节约模板。

(4) 抗裂性差。普通钢筋混凝土结构在正常使用时往往带裂缝工作,这对要求不出现裂缝的结构很不利,如水池、贮油罐等。这类结构若出现裂缝会引起泄漏,影响正常使用。

(5) 修补和加固工作比较困难。

随着科学技术的不断发展,混凝土结构的缺点正在被逐渐克服,其性能得到不断改进。如采用轻质、高强混凝土及预应力混凝土,可减小结构自重并提高其抗裂性;采用可重复使用的钢模板可降低工程造价;采用预制装配式结构,可以改善混凝土结构的制作条件,少受或不受气候条件的影响,并能提高工程质量及加快施工进度等。

由于钢筋混凝土结构具有很多优点,因而在土木、水利水电工程等领域中得到了广泛的应用。

钢筋混凝土结构可作如下分类:

(1) 按结构的构造外形可分为:杆件体系和非杆件体系。杆件体系有梁、板、柱、墙等,非杆件体系有空间薄壁结构、不规则的块体结构等。在杆系结构中,按结构的受力状态可分为:受弯构件、受压构件、受拉构件、受扭构件等。

(2) 按结构的制造方法可分为:整体式、装配式及装配整体式三种。整体式结构是在现场先架立模板、绑扎钢筋,然后浇捣混凝土而成的结构。它的整体性好,刚度也较大。装配式结构则是在工厂(或预制工场)预先制成各种构件(图 0.2),然后运往工地装配而成。采用装配式结构制造构件不受季节限制,能加快施工进度;可利用工厂较好的施工条件,提高构件质量;有利于模板重复使用,节约木料或钢材。但装配式结构的接头构造较为复杂,整体性较差,对抗渗及抗震不利。装配整体式结构是在结构内有一部分为预制的装配式构件,另一部分为现浇的混凝土。预制装配式部分常可作为现浇部分的模板和支架。它比整体式结构工业化程度更高,比装配式结构整体性更好。

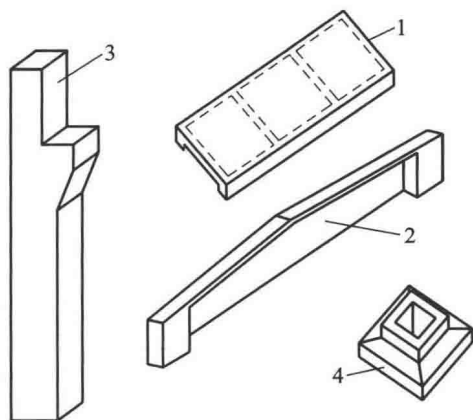


图 0.2 装配式构件

1—屋面板;2—梁;3—柱;4—基础

(3) 按结构的初始应力状态可分为:普通钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。预应力混凝土结构是在结构承受荷载以前,预先对混凝土施加压力,造成人为的压应力状态,使产生的压应力可全部或部分地抵消由荷载引起的拉应力。预应力混凝土结构的主要优点是控制裂缝性能好,能充分利用高强度材料,可以用来建造大跨度的承重结构,但施工较复杂。

0.2 钢筋混凝土结构的发展简史

钢筋混凝土从 19 世纪中叶开始采用以来,至今仅有一百多年的历史,但其发展极为迅速。目前应用该结构的标志性建筑有:德国法兰克福市的飞机库屋盖,它采用预应力轻骨料混凝土建造,结构跨度达 90 m;加拿大的多伦多预应力混凝土电视塔,高达 553 m;马来西亚吉隆坡的双塔大厦,建筑高度达 452 m,它的内筒与外筒是采用钢筋混凝土建造的。

水利工程中的水电站、拦洪坝、引水渡槽、污水管等均采用钢筋混凝土结构。目前世界上最高的重力坝为瑞士的大狄桑坝,高 285 m;其次为俄罗斯的萨杨苏申克坝,高 245 m。在我国,四川二滩水电站拱坝高 242 m;贵州乌江渡拱形重力坝高 165 m;黄河小浪底水利枢纽,主坝高 154 m。我国的三峡水利枢纽,水电站主坝高 185 m,设计装机容量 1820 万 kW,该枢纽发电量居世界第一。另外,举世瞩目的南水北调大型水利工程,沿线将建造很多预应力混凝土渡槽。

钢筋混凝土结构的材料制造、计算理论及施工技术等方面都已经历了非常大的发展,并且还在继续向前发展。

在材料研究方面,主要向高强、高流动性、自密实、轻质、耐久及具备特异性能的混凝土方向发展。目前轻骨料混凝土自重仅为 $14\sim 18\text{ kN/m}^3$,强度可达 C50;强度为 $100\sim 200\text{ N/mm}^2$ 的高强混凝土已在工程上得到应用。各种轻质混凝土、绿色混凝土、纤维混凝土、聚合物混凝土、耐腐蚀混凝土、微膨胀混凝土、水下不分散混凝土以及品种繁多的外加剂在工程中的应用和发展,已使大跨度结构、高层建筑、高耸结构和具备某种特殊性能的钢筋混凝土结构的建造成为

现实。另外,有专家预计,到 21 世纪末纤维混凝土的抗拉与抗压强度比可提高到 1/2,并具有早强、收缩徐变小等特点,将使混凝土的性能得到极大的改善。

在计算理论方面,钢筋混凝土结构经历了容许应力法、破损阶段法和极限状态法三个阶段。目前国内大多数混凝土结构设计规范已采用基于概率理论和数理统计分析的可靠度理论,它以可靠指标度量结构构件的可靠度,采用分项系数的设计表达式进行设计,使极限状态计算体系在理论上向更完善、更科学的方向发展。

0.3 本课程的特点

钢筋混凝土结构是水利水电工程中最基本的结构形式。本课程也是水利水电类专业中最为重要的技术基础课程。学习本课程的主要目的:掌握水工钢筋混凝土结构构件设计计算的基本理论和构造知识,为学习有关专业课程和顺利地从事钢筋混凝土建筑物的结构设计和工程施工打下牢固的基础。学习本课程需要注意以下几个方面的问题:

(1) 从某种意义上来说,钢筋混凝土结构是研究钢筋混凝土的材料力学,它与材料力学有相同之处,又有不同之处,学习时要注意两者之间的异同。材料力学研究线弹性体做成的构件,而钢筋混凝土结构是研究钢筋和混凝土两种材料组成的构件。由于混凝土为非弹性材料,且拉应力很小就会开裂,因而材料力学的许多公式不能直接应用于钢筋混凝土构件。但材料力学中分析问题的基本思路,即由材料的物理关系、变形的几何关系和受力的平衡关系建立计算公式的分析方法,同样适用于钢筋混凝土构件。

(2) 钢筋混凝土结构的计算公式是在大量实验基础上经理论分析建立起来的,学习时要重视实验在建立计算公式中的地位与作用,注意每个计算公式的适用范围和条件。

(3) 构造规定是长期科学实验和工程经验的总结。在设计结构和构件时,构造与计算是同样重要的。在学习过程中不必死记硬背构造的具体规定,但应明白为什么要有这个构造要求,这个构造要求的作用是什么。通过平时的作业和课程设计逐步掌握一些基本构造知识。

(4) 钢筋混凝土构件的受力性能取决于钢筋和混凝土两种材料的力学性能及两种材料间的相互作用。两种材料的配比关系(数量和强度)会引起构件受力性能的改变,当两者配比关系超过一定界限时,构件受力性能会有显著差别,这是在单一材料构件中所没有的,因此在学习中应对此给予充分的重视。

(5) 本课程同时又是一门结构设计课程,有很强的实践性。因而,同学们应努力参加实践工作,逐步提高对各种因素的综合分析能力。此外,整理编写设计书、绘制施工图纸是结构设计的基本功,同学们也应注重这方面的训练。

(6) 为保证工程质量,设计时必须遵循国家颁布的有关工程结构设计规范要求,特别是规范中的强制性条文。目前在我国水利水电工程中,水利系统与电力系统分别有自己的《水工钢筋混凝土结构设计规范》。这两本规范的设计理论基本相同,但计算表达式却不同,构造规定也略有差异。本教材是以电力系统的《水工钢筋混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009)为主线,以水利系统的《水工钢筋混凝土结构设计规范》(SL 191—2008)为辅线编写的,给出了两本规范之间内在的关系、相同点与不同点。同学们应在理解两本规范之间内在关系的基础上,掌握这两本规范的异同点,做到课程学习结束后能正确应用两本规范进行设计。

思 考 题

- 0.1 什么是钢筋混凝土结构?
- 0.2 在素混凝土结构中配置一定形式和数量的钢筋以后,结构的性能将发生什么样的变化?
- 0.3 钢筋混凝土结构有哪些主要优点和缺点?
- 0.4 采取哪些措施可以克服钢筋混凝土结构的主要缺点?
- 0.5 试根据结构的受力特点,绘出图 0.3 所示梁的纵向受力钢筋的草图。

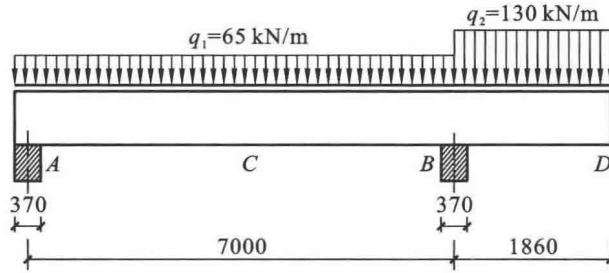


图 0.3 承受均布荷载的钢筋混凝土悬臂梁