

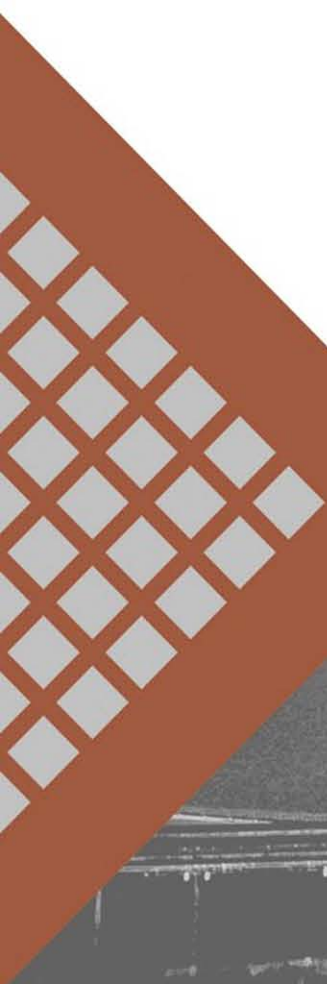


高职高专水利工程类专业“十二五”规划系列教材

# 水工混凝土结构

主编 ◎ 段凯敏 丁灿辉 张宪明

主审 ◎ 邹 林



高职高专水利工程类专业“十二五”规划系列教材

# 水工混凝土结构

主 编 段凯敏 丁灿辉 张宪明  
副主编 潘永胆 张国锋 侯林峰  
参 编 黄世涛 路立新 王 涛  
主 审 邹 林

华中科技大学出版社

中国·武汉

## 内 容 提 要

本教材是全国水利工程类专业高等职业教育规划教材,是根据国家和地方教育部门对高职高专中长期教育改革发展规划纲要的精神编写的,依据我国现行的《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008)、《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009)和《新编水工混凝土结构设计手册》对水利工程中常见结构的规定和要求,以“必须、够用”为原则编写而成。全书分为上、中、下三篇,共计十三个项目,就从构件到结构的设计方法和应用进行全面分析和讲解,每个项目均配有工程设计实例、例题、习题,并附有完成作业和课程设计所需的常用图表。

本书可以作为水利类高职院校的专业教材,亦可供水利水电工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

水工混凝土结构/段凯敏 丁灿辉 张宪明 主编.-武汉:华中科技大学出版社,2013.8  
ISBN 978-7-5609-9190-0

I. 水… II. ①段… ②丁… ③张… III. ①水工结构-混凝土结构-高等职业教育-教材  
IV. TV331

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 145131 号

## 水工混凝土结构

段凯敏 丁灿辉 张宪明 主编

策划编辑:谢燕群 熊 慧

责任编辑:江 津

封面设计:李 嫒

责任校对:刘 竣

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉金睿泰广告有限公司

印 刷:华中理工大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:19

字 数:498千字

版 次:2013年8月第1版第1次印刷

定 价:38.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

# 编 审 委 员 会

主 任 汤能见

副主任(以姓氏笔画为序)

汪文萍 陈向阳 邹 林 徐水平 黎国胜

委 员(以姓氏笔画为序)

马竹青 陆发荣 吴 杉 张桂蓉 宋萌勃

孟秀英 易建芝 胡秉香 姚 珧 胡敏辉

高玉清 桂健萍 颜静平

# 前 言

“水工混凝土结构”是水利工程类高职院校中各专业的一门专业基础课程,是一门涉及面广、理论与实践紧密结合的应用型课程。通过对本课程的学习,学生应具备水利工程中小型构件和结构的看图、制图、设计的能力,并能顺利指导施工。

本教材依据我国现行的《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008)、《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—2009)和《新编水工混凝土结构设计手册》对水利工程中常见构件和结构的规定和要求,从高职教育的实际出发,在内容上按照最新高职高专教材编写要求,以项目为导向,以任务为驱动,由浅入深、循序渐进。本书内容加强了知识的针对性和实用性,注重了实践能力的培养。精简理论推导,以应用为主,够用为度,不过分苛求学科的系统性和完整性,努力避免贪多和高度浓缩等现象。同时,本教材在编写过程中,邀请到一线工程人员参与编写,最大程度地保证了理论与实践相结合,充分体现了高职教育的特色。

全书分为上、中、下三篇、共计十三个项目,就从构件到结构的设计方法和应用进行全面分析和讲解,每个项目均配有工程设计实例、例题、习题,并附有完成作业和课程设计所需的常用图表。

本书可以作为水利类高职院校的专业教材,亦可供水利水电工程技术人员参考。

参加本教材编写的有:长江工程职业技术学院的段凯敏(项目 1,2,4,13)、湖南水利水电职业技术学院的丁灿辉(项目 5,12)、广西水利电力职业技术学院的张宪明(项目 3,6,11)、长江工程职业技术学院的侯林峰(项目 7)、长江工程职业技术学院的潘永胆(项目 8,10)、南水北调河南直管建管局的张国锋(项目 9,附录),全书由段凯敏修改并统稿。同时,长江工程职业技术学院的黄世涛、路立新,糯扎渡水电站的王涛工程师也参与了部分内容的编写,在此一并感谢。

本教材在编写过程中,参考、引用了国内同行的著作、教材及有关资料,在此,谨对所有文献的作者深表谢意。由于编者水平有限,不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 7 月

# 目 录

## 上篇 结构的性能需求和设计原则

项目 1 混凝土结构的概念及其发展 .....	(3)
任务 1 混凝土结构的基本概念 .....	(3)
模块 1 混凝土结构的基本概念 .....	(3)
模块 2 选择钢筋和混凝土共同工作的原因 .....	(4)
任务 2 混凝土结构的优缺点及其应用与发展 .....	(5)
模块 1 水利工程中常用结构的特点 .....	(5)
模块 2 钢筋混凝土结构的应用与发展 .....	(6)
习题 .....	(8)
项目 2 混凝土结构材料 .....	(9)
任务 1 混凝土结构对材料的要求 .....	(9)
任务 2 混凝土的性质 .....	(9)
模块 1 混凝土的强度 .....	(10)
模块 2 混凝土的变形 .....	(11)
任务 3 水利工程对钢筋性质的要求 .....	(14)
模块 1 水利工程常用钢筋的品种 .....	(14)
模块 2 水利工程常用钢筋应具备的物理力学性能 .....	(17)
模块 3 水利工程对常用钢筋性能的要求 .....	(19)
任务 4 钢筋混凝土结构黏结性能的保证 .....	(19)
模块 1 钢筋与混凝土黏结力的保证 .....	(19)
模块 2 钢筋的锚固要求 .....	(20)
模块 3 钢筋的接长要求 .....	(21)
习题 .....	(24)
项目 3 混凝土结构的设计原理 .....	(25)
任务 1 结构的功能要求和设计的极限状态 .....	(26)
模块 1 结构的功能要求 .....	(26)
模块 2 结构设计的极限状态 .....	(27)
任务 2 作用效应与结构抗力的含义及其取值 .....	(28)
模块 1 作用(荷载)、荷载效应及抗力的含义 .....	(28)
模块 2 荷载代表值 .....	(29)
模块 3 材料强度代表值 .....	(30)
任务 3 结构可靠度 .....	(31)
模块 1 可靠概率和失效概率 .....	(31)

模块 2 可靠指标 .....	(31)
任务 4 水工混凝土结构极限状态设计表达式 .....	(32)
模块 1 水工混凝土结构极限状态设计表达式 .....	(33)
模块 2 水工混凝土结构极限状态设计表达式案例 .....	(34)
习题 .....	(36)

中篇(上) 基本构件在承载能力极限状态下的相关计算

<b>项目 4 受弯构件正截面承载力计算</b> .....	(41)
任务 1 受弯构件基本概念和一般构造要求 .....	(41)
模块 1 受弯构件的相关概念 .....	(41)
模块 2 受弯构件的构造要求 .....	(42)
任务 2 受弯构件正截面受力破坏特征及破坏界限条件 .....	(47)
模块 1 梁的正截面受弯性能试验分析 .....	(47)
模块 2 正截面受弯承载力的计算假定和破坏界限条件 .....	(49)
任务 3 单筋矩形截面受弯承载力计算 .....	(51)
模块 1 基本公式及适用条件 .....	(51)
模块 2 单筋矩形截面受弯承载力计算公式的应用 .....	(53)
模块 3 单筋矩形截面受弯承载力计算案例 .....	(54)
任务 4 双筋矩形截面受弯承载力计算 .....	(57)
模块 1 基本公式及适用条件 .....	(57)
模块 2 双筋矩形截面受弯承载力计算公式的应用 .....	(59)
模块 3 双筋矩形截面受弯承载力计算案例 .....	(60)
任务 5 T形截面受弯承载力计算 .....	(62)
模块 1 T形截面的来源及工程应用 .....	(62)
模块 2 T形截面翼缘宽度的确定 .....	(63)
模块 3 两类T形截面类型的判别方法 .....	(65)
模块 4 两类T形截面类型的计算公式及适用条件 .....	(65)
模块 5 T形截面受弯构件承载力计算公式的应用 .....	(67)
模块 6 T形截面受弯构件承载力计算案例 .....	(68)
习题 .....	(70)
<b>项目 5 受弯构件斜截面承载力计算</b> .....	(75)
任务 1 斜截面受剪性能试验分析 .....	(75)
模块 1 斜截面受剪试验过程分析 .....	(75)
模块 2 斜截面受剪破坏形态划分 .....	(77)
任务 2 斜截面受剪承载力计算 .....	(78)
模块 1 基本公式及适用条件 .....	(78)
模块 2 斜截面受剪承载力计算步骤和方法 .....	(81)
模块 3 斜截面受剪承载力计算案例 .....	(83)

任务 3 钢筋混凝土梁的斜截面受弯承载力 .....	(86)
模块 1 材料抵抗弯矩图的绘制 .....	(87)
模块 2 纵向受拉钢筋的截断与弯起位置的确定 .....	(90)
任务 4 钢筋骨架的构造规定 .....	(91)
模块 1 纵向钢筋的构造要求 .....	(92)
模块 2 箍筋的构造要求 .....	(93)
模块 3 弯起钢筋的构造要求 .....	(94)
任务 5 钢筋混凝土结构施工图的识读 .....	(95)
任务 6 钢筋混凝土外伸梁设计实例 .....	(97)
习题 .....	(102)
<b>项目 6 受压构件承载力计算 .....</b>	<b>(105)</b>
任务 1 受压构件的构造要求 .....	(105)
模块 1 受压构件的基本概念 .....	(105)
模块 2 受压构件的构造要求 .....	(106)
任务 2 轴心受压构件正截面承载力计算 .....	(109)
模块 1 轴心受压构件受力和承载力计算公式的推导 .....	(109)
模块 2 普通箍筋柱正截面受压承载力计算公式的应用 .....	(113)
模块 3 普通箍筋柱正截面受压承载力计算案例 .....	(113)
任务 3 偏心受压构件正截面承载力计算 .....	(114)
模块 1 偏心受压构件受力破坏分析 .....	(114)
模块 2 矩形截面偏心受压构件承载力计算 .....	(115)
模块 3 矩形截面偏心受压构件承载力计算公式应用 .....	(118)
模块 4 矩形截面偏心受压构件承载力计算案例 .....	(122)
任务 4 对称配筋的矩形截面偏心受压构件 .....	(125)
模块 1 对称配筋的矩形截面偏心受压构件承载力计算 .....	(125)
模块 2 对称配筋的矩形截面偏心受压构件承载力计算案例 .....	(127)
任务 5 偏心受压构件斜截面受剪承载力计算 .....	(129)
习题 .....	(130)
<b>项目 7 受拉构件承载力计算 .....</b>	<b>(131)</b>
任务 1 受拉构件基本概念和一般构造要求 .....	(131)
模块 1 受拉构件相关概念 .....	(131)
模块 2 受拉构件的构造要求 .....	(132)
任务 2 轴心受拉构件正截面承载力计算 .....	(132)
模块 1 轴心受拉构件的受力破坏过程 .....	(132)
模块 2 轴心受拉构件承载力计算公式推导 .....	(133)
模块 3 轴心受拉构件承载力计算案例 .....	(133)
任务 3 偏心受拉构件正截面承载力计算 .....	(134)
模块 1 偏心受拉构件的界限区分 .....	(134)
模块 2 偏心受拉构件正截面承载力计算 .....	(135)



模块 3 偏心受拉构件正截面承载力计算公式的应用 .....	(136)
模块 4 偏心受拉构件正截面承载力计算案例 .....	(137)
任务 4 偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算 .....	(140)
模块 1 剪力对偏心受拉构件承载力的影响 .....	(140)
模块 2 偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算案例 .....	(140)
习题 .....	(141)
<b>项目 8 受扭构件承载力计算 .....</b>	<b>(143)</b>
任务 1 矩形截面纯扭构件承载力计算 .....	(143)
模块 1 矩形截面纯扭构件的破坏形态 .....	(143)
模块 2 纵筋和箍筋配置对纯扭构件破坏性态的影响 .....	(144)
模块 3 矩形截面纯扭构件承载力计算 .....	(144)
模块 4 矩形截面纯扭构件承载力计算案例 .....	(148)
任务 2 矩形截面剪扭构件承载力计算 .....	(148)
模块 1 矩形截面剪扭构件破坏类型 .....	(148)
模块 2 弯剪扭构件承载力的影响因素 .....	(149)
模块 3 剪扭构件的承载力计算公式 .....	(150)
任务 3 矩形截面弯扭构件承载力计算 .....	(152)
模块 1 弯扭构件的承载力计算 .....	(152)
任务 4 受扭构件的构造要求 .....	(154)
模块 1 构造要求 .....	(154)
习题 .....	(155)
<b>项目 9 预应力混凝土结构的一般知识 .....</b>	<b>(156)</b>
任务 1 预应力混凝土的基本知识 .....	(156)
模块 1 预应力混凝土结构的基本概念 .....	(156)
模块 2 预应力混凝土结构的施工方法 .....	(158)
任务 2 预应力混凝土的材料和施加工具的选择 .....	(160)
模块 1 预应力混凝土结构材料的选择 .....	(160)
模块 2 预应力施加工具的选择 .....	(162)
任务 3 预应力钢筋的张拉要求及预应力损失的预防 .....	(166)
模块 1 预应力钢筋的张拉要求 .....	(166)
模块 2 预应力损失的相关概念 .....	(167)
任务 4 预应力混凝土构件的构造要求 .....	(170)
模块 1 预应力混凝土构件的一般构造规定 .....	(170)
模块 2 先张法构件的构造要求 .....	(172)
模块 3 后张法构件的构造要求 .....	(173)
任务 5 其他预应力混凝土的概念 .....	(174)
模块 1 部分预应力混凝土结构的相关概念 .....	(174)
模块 2 无黏结预应力混凝土结构的相关概念 .....	(175)
习题 .....	(176)

## 中篇（下） 基本构件在正常使用极限状态下的相关验

<b>项目 10 钢筋混凝土结构正常使用极限状态的验算</b> .....	(181)
任务 1 水工混凝土结构耐久性的设计规定 .....	(181)
模块 1 混凝土结构耐久性的概念 .....	(181)
模块 2 混凝土结构的耐久性要求 .....	(182)
任务 2 变形验算 .....	(187)
模块 1 变形验算一般要求 .....	(187)
模块 2 钢筋混凝土受弯构件截面刚度的求解 .....	(188)
模块 3 钢筋混凝土受弯构件挠度计算 .....	(192)
任务 3 抗裂验算 .....	(194)
模块 1 裂缝的分类、成因、危害与控制 .....	(194)
模块 2 构件的变形控制 .....	(195)
模块 3 裂缝和挠度计算中材料强度及荷载取值 .....	(195)
模块 4 耐久性的控制 .....	(196)
任务 4 裂缝宽度验算 .....	(196)
模块 1 裂缝成因 .....	(196)
模块 2 裂缝产生过程分析 .....	(199)
模块 3 裂缝宽度的实用计算方法 .....	(200)
模块 4 关于裂缝计算的讨论 .....	(201)
习题 .....	(201)

## 下篇 结构的相关计算

<b>项目 11 钢筋混凝土梁板结构</b> .....	(205)
任务 1 单向板肋梁楼盖的设计计算及构造要求 .....	(206)
模块 1 单向板肋梁结构的含义 .....	(206)
模块 2 单向板肋梁楼盖结构平面布置 .....	(207)
模块 3 单向板肋梁楼盖结构内力计算 .....	(209)
模块 4 单向板肋梁楼盖结构的构造要求 .....	(214)
任务 2 双向板肋梁楼盖的设计计算 .....	(218)
模块 1 双向板肋梁结构的含义及受力特点 .....	(218)
模块 2 双向板的内力计算 .....	(219)
模块 3 双向板的配筋计算及构造 .....	(220)
任务 3 钢筋混凝土梁板结构设计实例 .....	(222)
<b>项目 12 水电站厂房及刚架结构</b> .....	(230)
任务 1 水电站厂房结构布置 .....	(230)
模块 1 水电站厂房的结构组成 .....	(230)

模块 2 厂房结构设计的一般规定 .....	(232)
任务 2 水电站厂房楼板的计算与构造 .....	(232)
模块 1 水电站厂房楼板的内力计算 .....	(232)
模块 2 楼板配筋构造要求 .....	(234)
任务 3 刚架结构的设计要点与构造要求 .....	(237)
模块 1 刚架结构的设计要点 .....	(237)
模块 2 刚架节点的构造要求 .....	(238)
任务 4 牛腿的计算及构造 .....	(242)
模块 1 牛腿试验分析及尺寸的确定 .....	(242)
模块 2 牛腿的钢筋配置 .....	(243)
任务 5 柱下独立基础的构造 .....	(244)
习题 .....	(245)
<b>项目 13 水工非杆件结构</b> .....	(247)
任务 1 非杆件结构的基本概念 .....	(247)
模块 1 水工建筑物中常见的非杆件结构 .....	(247)
模块 2 非杆件体系结构的配筋计算方法 .....	(248)
模块 3 水工非杆件结构的裂缝控制 .....	(249)
任务 2 深受弯构件的承载力计算及配筋构造要求 .....	(249)
模块 1 深受弯构件的含义及工作特性 .....	(250)
模块 2 深受弯构件的承载力计算 .....	(250)
模块 3 深受弯构件的配筋构造要求 .....	(253)
任务 3 水工混凝土坝内廊道及孔口结构的配筋计算及构造要求 .....	(255)
模块 1 坝内廊道及孔口结构上的荷载作用 .....	(255)
模块 2 坝内廊道及孔口结构的配筋要求 .....	(256)
任务 4 蜗壳、尾水管及闸门支承结构的配筋要求及案例 .....	(257)
模块 1 蜗壳、尾水管及闸门支承结构的作用 .....	(257)
模块 2 蜗壳设计原理、构造要求及图例识读 .....	(258)
模块 3 尾水管设计原理、构造要求及图例识读 .....	(259)
模块 4 闸门支承结构的设计原理、构造要求及图例识读 .....	(260)
附录 A 常用材料强度取值及弹性模量取值 .....	(262)
附录 B 钢筋的计算截面积及理论质量 .....	(266)
附录 C 一般构造规定 .....	(270)
附录 D 正常使用验算的有关限值 .....	(272)
附录 E 等跨等截面连续梁在常用荷载作用下的内力系数表 .....	(275)
附录 F 双向板的内力和挠度系数表 .....	(285)
参考文献 .....	(291)

## 上篇 结构的性能需求 and 设计原则



# 项目 1 混凝土结构的概念及其发展

## 项目重点

混凝土结构的概念;选择钢筋和混凝土共同工作的原因;钢筋混凝土结构的优缺点。

## 教学目标

掌握混凝土结构的概念;掌握钢筋和混凝土共同工作的原因;了解混凝土结构设计规范的发展。

## 任务 1 混凝土结构的基本概念

### 知识目标

掌握混凝土结构的概念;掌握钢筋和混凝土共同工作的原因。

### 能力目标

能根据构件受力特点初估钢筋的设置位置。

### 模块 1 混凝土结构的基本概念

混凝土结构是土木建筑工程中按材料来区分的一种结构,其材料组成是混凝土和钢筋等增强材料,混凝土结构主要包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。事实上,混凝土结构的范围还可以更广泛一些。19世纪中叶以后,人们开始在素混凝土中配置抗拉强度高的钢筋来获得加强效果。如果用“加强”的概念来定义钢筋混凝土结构(reinforced concrete structure),则钢纤维混凝土结构、钢管混凝土结构、钢-混凝土组合结构、钢骨混凝土结构、纤维增强聚合物混凝土结构等,均可以属于钢筋混凝土结构的范畴。

在现代土木建筑工程结构中,混凝土结构比比皆是。但是,对混凝土结构的认识不能仅停留在“混凝土结构是由水泥、砂、石和水组成的人工石”,也不能只停留在“混凝土中埋置了钢筋就成了钢筋混凝土结构”的简单概念上,而应从本质(即力学概念)上去认识、了解混凝土结构的基本工作原理。

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种物理力学性能不相同的材料所组成的。混凝土的抗压强度高、抗拉强度低,其抗拉强度仅为抗压强度的 $1/20\sim 1/8$ ,混凝土是一种非均质、非弹性、非线性的建筑材料。同时,混凝土破坏时具有明显的脆性性质,破坏前没有征兆。因此,素混凝土结构通常用于以受压为主的基础、柱墩和一些非承重结构。与混凝土材料相比,钢筋的抗拉强度和抗压强度均较高,破坏时具有较好的延性。为了提高构件的承载力和使用范围,将钢筋和混凝土按照合理的方式结合在一起协同工作,使钢筋承受拉力,混凝土承受压力,充分发挥两种材料各自的特点,则可以大大提高结构的承载能力,改善结构的受力特性。

现以一根简支梁为例,图 1-1(a)所示为素混凝土梁在外加荷载及自重作用下的受力情况。梁受弯后,截面中和轴以上部分受压,中和轴以下部分受拉(见图 1-1(b)),由于混凝土的抗拉性能很差,在较小荷载作用下,梁的下部混凝土即行开裂,梁立即断裂,破坏前变形很小,无预

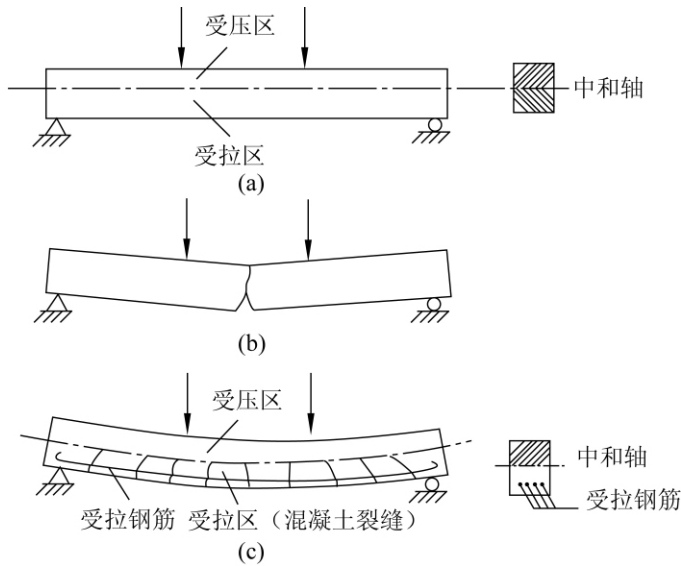


图 1-1 钢筋混凝土简支梁受力及破坏情况

兆,属于脆性破坏。若在梁的受拉区配置适量的钢筋,构成钢筋混凝土梁(见图 1-1(c))。梁受弯后,混凝土开裂,中和轴以下部分的拉力可由钢筋承受,中和轴以上部分的压力由混凝土承受。随着荷载的增加,钢筋达到强度极限,上部受压区的混凝土被压碎,梁才破坏。破坏前变形较大,有明显预兆,属于延性破坏。这样,混凝土的抗压能力和钢筋的抗拉能力均得到了充分的利用,与素混凝土梁相比,钢筋混凝土梁的承载能力和变形能力都有很大程度的提高。

## 模块 2 选择钢筋和混凝土共同工作的原因

不了解钢筋混凝土工作原理的非专业人员,常常以为埋置了钢筋的梁,就一定能提高其承载力,其实不然。试想,如果把钢筋埋在梁上方受压区,则梁的承载力几乎不能提高,仍然会发生如同素混凝土梁那样的“一裂即穿”的脆性破坏,白白浪费钢筋。

除了钢筋的布置位置要正确外,承载力得以提高的另一重要条件是钢筋和混凝土之间必须保证共同工作。钢筋和混凝土之间的良好黏结使两者有机地结合为整体,而且这种整体还不致由于温度变化而破坏(钢筋和混凝土的线膨胀系数相近,钢材的为  $1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ,混凝土的为  $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ),同时钢筋周围有足够的混凝土包裹,使钢筋不易生锈,从而保证黏结力的耐久性,所以两者的共同工作是可以得到保证的。

由上述可知,正确理解钢筋混凝土结构的工作原理,主要有以下几点:

(1)钢筋和混凝土之间存在黏结力,混凝土硬化后可与钢筋牢固地黏结成整体,在荷载作用下,相互传递应力;

(2)钢筋和混凝土的温度线膨胀系数接近,当温度变化时,两者不会产生较大的相对滑移而使黏结力破坏;

(3)钢筋表面的混凝土保护层,防止钢筋生锈,保证结构的耐久性。

理解了这种工作原理,就不难理解钢筋混凝土的英文名称“reinforced concrete”(缩写为 RC)的科学性,也就不难理解为什么前面提及的各种混凝土乃至 20 世纪 50 年代我国曾使

用过的竹筋混凝土结构均可以归属于“钢筋混凝土结构”的范畴,均可以广义地称为“钢筋混凝土结构”。

## 任务2 混凝土结构的优缺点及其应用与发展

### 知识目标

掌握混凝土结构、钢结构和砌体结构的优缺点;了解混凝土结构的应用及发展情况。

### 能力目标

能针对结构所处环境条件正确选择合理的结构形式。

### 模块1 水利工程中常用结构的特点

#### 1. 钢筋混凝土结构的特点

钢筋混凝土结构是水利水电工程中应用最多的结构,例如,发电厂房的梁、板、柱等。

##### 1) 钢筋混凝土结构的优点

钢筋混凝土结构除了合理地利用了钢筋和混凝土两种材料的特性外,与其他材料的结构相比,还具有下列优点。

(1)耐久性好。混凝土耐受自然侵蚀的能力较强,其强度也随着时间的增长有所提高,钢筋因混凝土的保护而不易锈蚀,无需经常维护和保养。

(2)耐火性好。由传热性差的混凝土作为钢筋的保护层,在普通火灾情况下不致使钢筋达到软化温度而导致结构的整体破坏。

(3)整体性好。现浇的整体式钢筋混凝土结构具有较好的整体刚度,有利于抗震和防爆。

(4)可模性好。可根据需要使用浇筑制成各种形状和尺寸的结构,尤其适合建造水利工程中外形复杂的大体积结构及空间薄壁结构。

(5)取材方便。钢筋混凝土结构中所用的砂、石材料,一般都可就地采取,减少运输费用,降低工程造价。

##### 2) 钢筋混凝土结构的缺点

钢筋混凝土结构存在着下列主要缺点。

(1)自重偏大。钢筋混凝土结构的截面尺寸较大,重度也大,因而自重远远超过相应的钢结构的重量,不利于建造大跨度结构和超高层结构。

(2)抗裂性较差。混凝土抗拉强度低,容易出现裂缝,影响结构的使用性能和耐久性,这一特点对水工混凝土结构尤为不利。裂缝的存在不仅降低了混凝土抗渗、抗冻的能力,而且会使钢筋生锈,加速构件的破坏。

(3)施工较复杂。钢筋混凝土易受气候和季节的影响,建造期一般较长。

(4)承载力有限。与钢材相比较,普通混凝土抗压强度较低,因此,普通钢筋混凝土结构的承载力有限,用做承重结构和高层建筑底部结构时,不可避免地会导致构件尺寸过大,减小有效使用空间。因此对于一些超高层的结构,采用混凝土结构有其局限性,而更多地选择钢结构。

#### 2. 钢结构的特点

水利工程中,很多部位受到很大的拉力或扭矩,且不允许开裂。而普通的钢筋混凝土抗裂



性差,承载力有限,难以满足此项要求,因此,在这些特殊部位(如起挡水作用的闸门)通常设置钢结构。

### 1) 钢结构的优点

钢结构是用钢材制作而成的结构,与其他结构相比,它具有以下优点。

(1)重量轻而承载能力高。钢结构与钢筋混凝土结构、木结构相比,由于钢材的强度高,构件的截面一般较小,重量较轻。钢材的抗拉强度、抗压强度均较高,所以,钢结构的受拉、受压承载力都很高。

(2)理实接近。钢材质地均匀,其受力的实际情况与力学计算结果接近。

(3)抗震性能好。钢材的塑性和韧性好,能较好地承受动力荷载,因而钢结构的抗震性能好。

(4)方便快捷。钢结构制作简便、施工速度快、工期短,具有良好的装配性。

钢结构由各种型材组成,可在工厂预制、现场拼装,施工方便、速度快,且便于拆卸、加固或改建。

### 2) 钢结构的缺点

钢结构存在以下主要缺点。

(1)造价高。钢结构需要大量钢材,钢材的价格较其他材料的高,使得钢结构的造价相应提高。

(2)易于锈蚀。钢材在湿度大和有侵蚀性介质的环境中容易锈蚀,影响使用寿命,因而钢结构经常需要维护,费用较大。

(3)耐热性好,但耐火性差。钢材耐热但不耐高温,当温度在 $250^{\circ}\text{C}$ 以下时,材质变化较小;当温度达到 $300^{\circ}\text{C}$ 时,其强度逐渐下降;当温度达到 $450\sim 600^{\circ}\text{C}$ 时,钢结构完全丧失承载能力。

因而对有特殊防火要求的建筑,必须用耐火材料加以保护。

## 模块 2 钢筋混凝土结构的应用与发展

### 1. 材料

#### 1) 混凝土材料

混凝土材料的应用和发展主要表现在混凝土强度的不断提高、混凝土性能的不断改善、轻质混凝土和智能混凝土的应用等方面。

早期的混凝土强度比较低,随着高效减水剂的应用,混凝土的抗压强度大幅度提高。目前,我国在结构工程中采用抗压强度为 $60\text{MPa}$ 以上的高强混凝土已相当普遍。

为了改善混凝土抗拉性能差、延性差等缺点,提高混凝土抗裂、抗冲击、抗疲劳等性能,在混凝土中掺入纤维来改善混凝土性能的研究发展较为迅速。纤维的种类有钢纤维、合成纤维、玻璃纤维和碳纤维等。其中,钢纤维混凝土的技术最为成熟。近年来,水泥基复合材料(ECC)的成功研制极大地改善了混凝土材料的抗裂性能,水泥基复合材料的极限拉应变可以达到 $3\%$ 以上,已初步应用于桥面板、大坝和渡槽等工程。

数十年来,由天然集料(浮石、凝灰石等)、工业废料(炉渣、粉煤灰等)、人造轻集料(黏土陶粒、膨胀珍珠岩等)制作成的轻质混凝土得到了广泛的应用和发展。轻质混凝土的容重小,具有优良的保温和抗冻性能。同时,天然集料和工业废料制作的轻质混凝土具有节约能源、减少