

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

Design Principle of Bridge Steel-Concrete Composite Structure

桥梁钢—混凝土组合结构设计原理

| 第二版 |

黄 侨 编 著

周志祥 主 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

桥梁钢—混凝土组合结构设计原理

Design Principle of Bridge Steel-Concrete Composite Structure

(第二版)

黄 侨 编著
周志祥 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为高等学校交通运输与工程类专业规划教材之一。全书共三部分十四章,主要就桥梁工程中应用的钢—混凝土组合结构,包括钢—混凝土组合结构、预弯组合梁结构和钢管混凝土结构的基本概念、设计理论和方法、构造特性和施工要点作了系统介绍,并与近年新发布的相关国家标准、行业规范与规程相结合。

本书可作为高等院校土木工程专业及道路桥梁与渡河工程专业的桥梁工程方向本科生和桥梁与隧道工程专业研究生的教材或参考书,亦可为从事桥梁工程研究、设计、施工和管理的工程技术人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁钢—混凝土组合结构设计原理 / 黄侨编著. — 2

版. — 北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.12

ISBN 978-7-114-14390-8

I. ①桥… II. ①黄… III. ①桥梁结构—钢筋混凝土结构—混合材料桥—结构设计 IV. ①U448.38

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 304808 号

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

书 名:桥梁钢—混凝土组合结构设计原理(第二版)

著 者:黄 侨

责任编辑:李 喆 肖 鹏

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:23.75

字 数:545千

版 次:2003年12月 第1版 2017年12月 第2版

印 次:2017年12月 第1次印刷 总第3次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-14390-8

定 价:49.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

高等学校交通运输与工程(道路、桥梁、隧道 与交通工程)教材建设委员会

主任委员: 沙爱民 (长安大学)

副主任委员: 梁乃兴 (重庆交通大学)

陈艾荣 (同济大学)

徐岳 (长安大学)

黄晓明 (东南大学)

韩敏 (人民交通出版社股份有限公司)

委员: (按姓氏笔画排序)

马松林 (哈尔滨工业大学)

王云鹏 (北京航空航天大学)

石京 (清华大学)

申爱琴 (长安大学)

朱合华 (同济大学)

任伟新 (合肥工业大学)

向中富 (重庆交通大学)

刘扬 (长沙理工大学)

刘朝晖 (长沙理工大学)

刘寒冰 (吉林大学)

关宏志 (北京工业大学)

李亚东 (西南交通大学)

杨晓光 (同济大学)

吴瑞麟 (华中科技大学)

何民 (昆明理工大学)

何东坡 (东北林业大学)

张顶立 (北京交通大学)

张金喜 (北京工业大学)

陈红 (长安大学)

陈峻 (东南大学)

陈宝春 (福州大学)

陈静云 (大连理工大学)

邵旭东 (湖南大学)

项贻强 (浙江大学)

胡志坚 (武汉理工大学)

郭忠印 (同济大学)

黄侨 (东南大学)

黄立葵 (湖南大学)

黄亚新 (解放军理工大学)

符铎砂 (华南理工大学)

葛耀君 (同济大学)

裴玉龙 (东北林业大学)

戴公连 (中南大学)

秘书长: 孙玺 (人民交通出版社股份有限公司)

第二版前言

桥梁组合结构设计作为桥梁工程专业(方向)的一门专业技术基础课或专业课,1996年在哈尔滨工业大学首开。2004年,该课程的教材《桥梁钢—混凝土组合结构设计原理》纳入人民交通出版社21世纪交通版高等学校系列教材,至今已有二十年的历史。

改革开放后的三十年,是我国从桥梁工程弱国发展到大国并向桥梁工程强国迈进的历史过程,也是我国交通基础设施建设大发展的历史时期。组合结构桥梁的发展与我国桥梁工程建设发展息息相关。二十年前,我国的组合结构桥梁,无论是钢—混凝土组合梁桥、预弯组合梁桥,还是钢管混凝土拱桥的建设,都处于研究、起步阶段,行业内甚至连一本设计、施工规范都没有。组合结构桥梁的设计只能是基于原理的设计,或者参考国外相关规范进行。二十年后的今天,在我国结构工程界和桥梁工程界同仁的共同努力下,不断总结、探索和创新,组合结构桥梁有了飞跃式的发展。

如果说《桥梁钢—混凝土组合结构设计原理》(第一版)是基于国内早期的试验成果,并将组合结构基本原理与桥梁工程实际相结合,那么教材第二版则是保留了组合结构的基本原理,总结了桥梁工程的实践经验并与新发布的行业设计规范相结合,既讲授基本原理,也讲授相关的构件设计方法。

本书就钢—混凝土组合梁、预弯组合梁和钢管混凝土结构的基本概念、构造

形式、设计原理和施工要点进行了较为系统地讲授。全书仍划分为三部分,但同时增加了3章内容。教材第二版总计14章,用于课堂教学大约需要48学时。其中,第一部分钢—混凝土组合梁需要18学时,第二部分预弯组合梁大约需要12学时,第三部分钢管混凝土需要18学时。各高校可根据实际的专业必修课或选修课的计划学时,选择其中两或三部分讲授,或者选择性讲授这三部分的相关内容。

在第一版的基础上,教材第二版的修改要点如下:

第一部分为钢—混凝土组合梁结构。根据新发布的《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64—2015)给出了钢材强度的各项设计指标及参数;补充了《栓钉焊接技术规程》(CECS 226:2007)中关于连接件计算及要求方面的内容;补充了《钢—混凝土组合桥梁设计规范》(GB 50917—2013)和《公路钢混组合桥梁设计施工规范》(JTG D64-01—2015)中关于钢—混凝土组合梁桥结构的设计方法;调整、增加了若干计算示例;新增第五章“钢—混凝土组合梁桥设计的其他问题”,重点介绍了新规范中关于预应力、疲劳、抗倾覆及耐久性等方面的设计要点。

第二部分为预弯组合梁结构。根据即将发布的《预弯预应力组合梁桥设计规程》(报批稿)(2017)调整了预弯组合梁桥的施工、设计中各项控制指标,并按新发布的《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64—2015)和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土结构设计规范》(JTG D62)的材料强度指标重新调整了计算示例,并将第一版教材中的第七章第六节的预弯组合简支梁计算示例扩展为第九章。

第三部分为钢管混凝土结构。根据新发布的《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64—2015)和正在报批的《公路钢筋混凝土及预应力混凝土结构设计规范》(JTG D62)的材料强度指标重新调整了钢管混凝土的组合强度指标;在介绍钢管混凝土结构基本原理的基础上,基于新发布的《公路钢管混凝土拱桥设计规范》(JTG/T D65-06—2015)、《钢管混凝土拱桥技术规范》(GB 50923—2013)及《钢管混凝土结构技术规范》(GB 50936—2014),增加了基本构件的设计方法。新增第十四章“钢管混凝土拱桥的设计要点”,介绍了钢管混凝土拱桥设计中关于整体稳定、应力计算、刚度取值的基本方法以及其他设计要点。同时,根据新的组合材料设计指标修编了计算示例。

相比《桥梁钢—混凝土组合结构设计原理》(第一版),教材第二版在介绍基

本原理的基础上,加强了对相关设计规范方法的理解,增加了例题的数量,旨在通过本课程的学习,使学生对桥梁工程中遇到的上述三种组合结构的基本原理、设计方法、构造形式以及施工要点有一个较全面的理解和掌握,具备从事这类桥梁结构设计和施工的能力,并为从事相关研究工作奠定理论基础。

本课程的学习仍以材料力学、结构力学、建筑材料、结构设计原理和桥梁工程等先修课程为基础。第二版教材可以作为土木工程专业、道路桥梁与渡河工程专业桥梁方向本科生和桥梁与隧道工程专业研究生的教材或参考书,亦可以作为桥梁工程师进行组合结构桥梁设计的参考书。

本教材主要由东南大学黄侨教授编写,杨明副教授、荣学亮博士后、任远博士参与了部分编写工作。在教材算例及图表的编制过程中,陈卓异、马文刚、万世成、汪炳、郭赵元、赵丹阳和徐轶昀等研究生参与了部分算例计算和图表的制作。本教材由重庆交通大学周志祥教授主审。

由于作者水平有限,对新发布规范的理解可能不准确,教材中难免会有错误存在,敬请读者批评指正,并将意见寄东南大学交通学院桥梁与隧道工程研究所。

编 者

2017年12月

第一版前言

在现代桥梁工程中,继钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、钢结构以及砖石混凝土结构之后,钢—混凝土组合结构已成为第五大类结构。尽管公路桥梁设计规范中尚未给出这些结构的设计条款,但由于它们在桥梁工程中具有诸多明显优点,已得到了较为广泛的应用。近年来,在桥梁结构中应用较多的组合结构主要有三种:钢—混凝土组合结构、预弯组合结构和钢管混凝土结构。本教材主要对这三种组合结构的基本概念、构造形式、设计原理和施工要点进行较为系统性的介绍。全书分为3部分,共计11章,用于课堂教学大约需要40学时。

第一部分为钢—混凝土组合梁结构,主要介绍钢—混凝土组合梁的发展历程、力学特性、基本概念、构造特点;并对简支钢—混凝土组合梁桥截面设计的基本方法,即弹性方法和塑性方法,温度和徐变、收缩的计算方法进行了较详细的介绍。在钢—混凝土组合梁中,抗剪连接件是一重要的连接部件,书中单列一章,对抗剪连接件的试验研究、弹性和塑性设计方法及构造形式做了较详细的论述。除此之外,针对近年来出现的钢—混凝土组合连续梁桥的受力特性、计算要点以及相关的施工技术措施进行了简要的介绍。同时也给出了主要验算内容的计算示例。

第二部分为预弯组合梁结构,主要介绍了预弯组合梁的发展历史,力学特性,基本概念及构造特点。对于预弯组合梁桥的各种设计方法做了初步的介绍,对以

日本《预弯组合梁桥设计与施工指南》为基础的传统的预弯组合梁的弹性应力和挠度的分析方法做了较为详尽的介绍。此外,根据作者多年的研究成果,给出了预弯组合梁的极限强度设计方法以及抗剪连接件的计算要点,并对施工控制方法及要点进行了较详尽的论述。同时还给出了预弯组合梁桥单片主梁的计算示例。

第三部分为钢管混凝土结构,首先介绍了钢管混凝土结构的发展及其在桥梁工程中的应用,结构的基本概念和复杂受力条件下钢管和混凝土的力学特性。其次介绍了试验中发现的一些钢管混凝土的受力特征及其强度设计准则。介绍了合成法确定钢管混凝土强度指标的原理和方法,并指出了影响强度指标的主要因素。按照建筑结构规范、现行及即将发布的桥梁结构规范的强度指标给出了钢管混凝土结构的部分组合强度指标,可供教学及工程设计参考。最终以合成法为基础介绍了钢管混凝土基本构件的计算方法,其中包括压、拉、弯以及偏心受压构件的强度和稳定性的计算方法,并给出了相关的计算示例。

通过上述三部分的介绍,使学生对桥梁工程中遇到的常用组合结构的设计原理、构造形式以及施工要点有一个较全面的理解和掌握,能够胜任这类结构的设计和施工工作,并为从事进一步的研究工作奠定理论基础。

本课程的学习应以材料力学、结构力学、建筑材料、结构设计原理和桥梁工程等课程为基础。教材中原理部分主要参考建筑结构设计规范和现行及即将发布的公路桥梁结构设计规范的相关材料强度指标和设计要求,并结合桥梁结构的构造和受力特点进行讲解。本教材可以作为桥梁工程专业(方向)的本科生和研究生的教材或参考教材,亦可以作为桥梁工程师进行桥梁组合结构设计、计算的参考书。

本教材主要由哈尔滨工业大学黄侨教授编写,杨明为教材编制了全部计算示例。在教材编写过程中参加工作的还有吴红林、杨大伟、张连振、张海龙和鞠秀颖等同事。本教材由重庆交通学院周志祥教授主审。哈尔滨工业大学张树仁教授和钟善桐教授对教材的编写提出了宝贵的意见,在此一并感谢。

由于作者编写水平有限,教材中难免会有错误存在,敬请读者批评指正,并将意见寄哈尔滨工业大学交通科学与工程学院桥梁工程系。

编者

2003年7月

目录

概述	1
----	---

第一部分 钢—混凝土组合梁桥结构

第一章 钢—混凝土组合梁的一般概念及材料	9
第一节 发展概况	9
第二节 钢—混凝土组合梁的基本概念	15
第三节 钢—混凝土组合梁桥的构造特点	17
第四节 钢—混凝土组合梁桥的材料要求	21
第五节 钢—混凝土组合梁桥设计的计算原则	27
第二章 钢—混凝土组合简支梁桥的计算与分析	29
第一节 钢—混凝土组合梁截面弹性设计的基本原理	29
第二节 钢—混凝土组合梁截面弯曲应力分析与控制	38
第三节 钢—混凝土组合梁截面弯曲剪应力计算分析与控制	44
第四节 钢—混凝土组合梁的温度内力分析方法	49
第五节 钢—混凝土组合梁的收缩、徐变分析方法	54
第六节 钢—混凝土组合简支梁桥的变形分析与控制	59
第七节 钢—混凝土组合梁的截面抗弯承载力计算	62
第八节 钢—混凝土组合梁的截面抗剪承载力计算	75
第九节 混凝土桥面板纵向抗剪承载力计算	77

第三章 钢—混凝土组合连续梁桥计算与分析	80
第一节 钢—混凝土组合连续梁桥的受力特点	80
第二节 中支点截面的弯曲应力分析与控制	83
第三节 中支点截面的抗弯承载力计算	95
第四节 中支点截面的抗剪承载力计算	108
第五节 组合连续梁桥变形计算要点	112
第六节 组合连续梁桥的抗裂性与裂缝分析	114
第七节 组合梁的整体稳定问题分析	118
第八节 组合梁的局部稳定问题分析	126
第四章 钢—混凝土组合梁桥的抗剪连接件设计方法	131
第一节 抗剪连接件的形式及分类	131
第二节 连接件的试验及承载力	133
第三节 连接件的抗剪设计承载力计算	139
第四节 连接件的其他力学性能	142
第五节 连接件的设计方法	144
第六节 连接件的疲劳计算	154
第七节 连接件的构造要点	157
第五章 钢—混凝土组合梁桥设计的其他问题	160
第一节 钢—混凝土组合梁桥的截面选择	160
第二节 组合梁桥的构造要求	162
第三节 组合梁桥的预应力设计要点	165
第四节 组合梁桥的抗倾覆问题分析	169
第五节 组合梁桥的耐久性问题	172
第六节 组合梁桥的其他计算问题	174
第七节 钢—混凝土组合梁桥设计的改进措施	177

第二部分 预弯组合梁桥结构

第六章 预弯组合梁结构及其力学性能	185
第一节 发展概况	185
第二节 基本原理与结构特性	190
第三节 构造特点与预弯力	193

第四节	预弯组合梁桥的经济性分析	197
第七章	预弯组合梁桥的设计方法	202
第一节	预弯组合梁桥的设计要点	202
第二节	极限承载力的实用计算方法	205
第三节	预弯组合梁桥的栓钉连接件设计方法	209
第四节	预弯钢梁的稳定性计算方法	212
第八章	预弯组合梁桥的应力、挠度及裂缝计算方法	216
第一节	计算方法的基本思路	216
第二节	钢梁及预弯梁的应力计算	218
第三节	预弯组合梁及成桥应力计算	221
第四节	预弯组合梁桥的变形计算	228
第五节	应力和变形的叠加规律	232
第六节	预弯组合梁的裂缝宽度计算	234
第九章	预弯组合梁计算示例	239
第一节	设计资料及截面几何特性	239
第二节	预弯钢梁及预弯梁的应力验算	242
第三节	预弯组合梁及成桥应力验算	246
第四节	变形计算与验算	251
第五节	抗裂性及裂缝宽度验算	253
第六节	截面承载力计算	255

第三部分 钢管混凝土拱桥结构

第十章	钢管混凝土结构及材料	259
第一节	钢管混凝土结构的发展及其在桥梁工程中的应用	259
第二节	钢管混凝土拱桥的桥型及断面	262
第三节	钢管混凝土结构的基本概念	265
第四节	钢材性能	268
第五节	核心混凝土性能	272
第十一章	钢管混凝土轴心受力构件的基本工作性能	276
第一节	钢管混凝土一次受压的工作性能	276
第二节	钢管混凝土轴心受拉及反复受压的工作性能	278

第三节	钢管混凝土轴心受力构件的强度设计准则·····	280
第四节	合成法确定钢管混凝土的基本性能·····	283
第十二章	钢管混凝土拱桥的组合性能指标及影响因素·····	288
第一节	钢管混凝土组合性能指标·····	288
第二节	钢管混凝土的组合参数表·····	291
第三节	混凝土徐变、收缩对结构性能的影响·····	299
第四节	温度及焊接对结构性能的影响·····	305
第十三章	钢管混凝土构件的承载力和稳定性分析·····	312
第一节	单肢轴心受力构件承载力·····	312
第二节	轴心受压构件的稳定性·····	316
第三节	组合受压构件的稳定性·····	323
第四节	偏心受力构件的承载力和稳定计算·····	328
第五节	受弯构件承载力分析·····	336
第十四章	钢管混凝土拱桥设计要点·····	341
第一节	钢管混凝土拱桥设计一般规定·····	341
第二节	钢管混凝土拱肋的整体稳定分析·····	345
第三节	钢管混凝土构件的应力计算·····	348
第四节	钢管混凝土结构的刚度与变形计算·····	350
第五节	钢管混凝土拱桥的其他设计要点·····	354
参考文献	·····	359

概 述

桥梁组合结构设计是道路桥梁与渡河工程专业桥梁工程方向和土木工程专业桥梁工程方向的一门专业技术基础课或专业课,其先修课程应包括材料力学、建筑材料、结构力学、结构设计原理及桥梁工程等。组合结构是继钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、钢结构以及砖石混凝土结构之后的第五大类结构形式。钢—混凝土组合结构是在钢筋混凝土结构和钢结构的基础上发展起来的新型结构,但与前两者相比,它具有独特的力学性能和计算方法。

我国公路桥梁的主要建筑材料已从过去以木材、石材、水泥、混凝土和钢筋为主,发展到今天的高强混凝土、高强钢材以及复合材料的历史阶段。建筑材料的变化必然带来桥梁结构的演变,桥梁结构已从过去的木结构、圬工结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构为主发展到大力推广钢结构及组合结构的阶段;桥梁结构形式也从过去以简支梁桥和圬工拱桥为主的年代发展到连续梁桥、连续刚构桥、斜拉桥、悬索桥以及其他组合体系桥梁百花齐放的今天。

随着我国桥梁工程行业的发展,尤其在 20 世纪 80 年代之后,钢管混凝土拱桥、钢—混凝土组合梁桥以及预弯组合梁桥等新型组合结构桥梁不断出现,发展迅速。对于这些新型结构的设计,除了需要数学、力学和计算机知识之外,更需要相关的结构知识。在编写《桥梁钢—混凝土组合结构设计原理》(第一版)教材时,我国只有几本建筑结构行业关于组合结构桥梁的设计、施工规范,例如《钢管混凝土结构设计与施工规程》(JCJ 01—1989),《钢管混凝土结构设计与施工规程》(CECS 28—1990),《钢—混凝土组合结构设计规程》(DL/T 5085—

1999),《电弧螺柱焊用圆柱头栓钉》(GB/T 10433—2002),《栓钉焊接技术规程》(CECS 226—2007)等。早期组合结构桥梁的设计与建造受益于上述结构工程的设计规范,并没有交通行业自己的相关规范和规程。因此,第一版教材只能基于组合结构的基本原理而编写;而本教材(第二版)则将基本原理与新近颁布的设计规范相结合,既讲授组合结构的基本原理,又介绍相关行业规范中的设计方法。

为便于课程学习和理解,首先介绍几个基本概念。

组合结构通常是指在构件横断面上由不同材料(混凝土、钢材或其他材料)组合并能共同受力的结构。

混合结构通常是指在结构的轴线方向上(或纵向)由钢构件和混凝土构件有效结合共同受力的结构。

组合体系则是指由不同桥型结构(例如梁、拱、斜拉、悬索等)组合而成的桥梁结构体系。

本教材介绍的对象为钢—混凝土组合结构。钢—混凝土组合结构可定义为:用型钢或钢板焊接(或冷压)而成的钢截面,在其上面、四周或内部浇筑混凝土,使混凝土与型钢形成整体并共同受力的结构,统称为钢—混凝土组合结构,或简称组合结构。

目前国内外常用的钢—混凝土组合结构主要有以下七种类型:

1. 压型钢板与混凝土组合楼板

利用锻压成形的钢板铺设在钢梁上(或次梁上),通过连接件(或称剪力连接键)和钢(次)梁的上翼缘焊接,以承担水平方向的剪力。然后在压型钢板上浇筑混凝土形成组合结构。如图0-0-1所示。压型钢板可以当作模板并承担施工荷载;混凝土硬化后钢板兼作钢筋以承担截面上的拉应力。

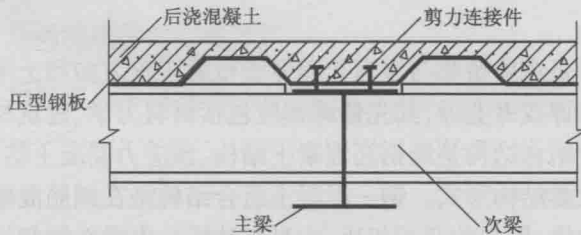


图0-0-1 压型钢板与混凝土组合楼板

20世纪60年代之后,这种结构在欧美、日本等国的高层建筑中开始出现。我国在80年代后由原冶金工业部冶金建筑研究总院开始对这种结构进行研究,主要用于高层建筑结构的楼板。这种结构可有效降低各层楼板厚度,节约层高,增加建筑面积,进而带来经济效益。

2. 钢—混凝土组合梁

由外露的钢梁与混凝土面板形成的组合结构,即钢—混凝土组合梁。在混凝土板和钢梁之间设置剪力连接件,以保证在使用荷载作用下混凝土板与钢梁共同受力,共同变形。如图0-0-2所示。

钢—混凝土组合梁最早出现于美国,并于1944年引入美国州际公路协会(ASSHO)的《公路桥梁设计规范》。德国在1945年也制定了《桥梁组合梁》(DIN 1078)规范,并逐步在房屋建筑结构中使用。我国受钢产量的限制,在钢—混凝土组合梁领域发展较慢。但在1957年建成的武汉长江大桥的上层公路桥就已采用了这种结构。我国钢—混凝土组合梁的研究工作起步于

20 世纪 80 年代,最初用于房屋及厂房结构,90 年代后开始用于城市立交桥的主体结构。

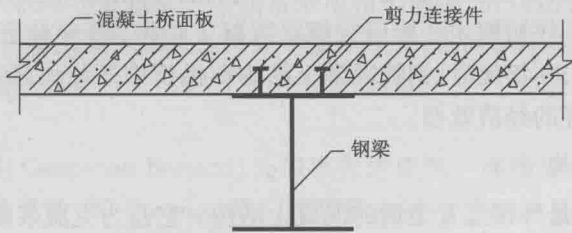


图 0-0-2 钢—混凝土组合梁断面

3. 型钢混凝土结构

由混凝土包裹型钢做成的组合结构叫作型钢混凝土结构。其特征是钢完全由混凝土包裹,防腐性能良好。英、美等欧洲国家称之为混凝土包钢结构;日本称之为钢骨钢筋混凝土结构;俄罗斯和我国称之为劲性钢筋混凝土结构,如图 0-0-3 所示。其特征是钢完全由混凝土包裹,防腐、防火性能良好。

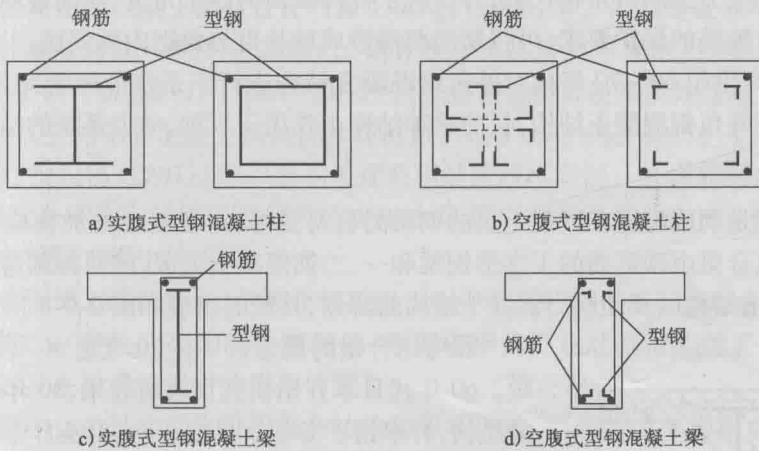


图 0-0-3 型钢混凝土构件截面

型钢混凝土中的型钢可以采用轧制型钢,也可采用焊接型钢,同时还可以配合使用钢筋和钢箍,主要用于工业厂房及房屋结构。

4. 钢管混凝土结构

钢管混凝土结构是由普通混凝土填入薄壁钢管内而形成的组合结构。这种结构借助内填混凝土增强钢管壁的稳定性,借助钢管对核心混凝土的约束作用,使核心混凝土处于三向受压状态,从而使得核心混凝土具有更高的抗压强度和抗变形能力,如图 0-0-4 所示。

在钢管混凝土结构中,钢管具有如下功能:

- (1) 钢管本身是耐侧压的模板。
- (2) 钢管本身可代替钢筋承担拉力或压力。
- (3) 钢管本身是劲性承重骨架。
- (4) 钢管可以提高核心混凝土的抗压强度。

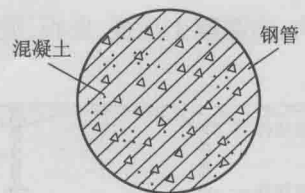


图 0-0-4 钢管混凝土柱截面

钢管混凝土柱已有 90 多年的历史,最初用于房屋建筑结构。20 世纪 30 年代末期在前苏联开始用于公路及铁路拱桥的主拱肋结构。60 年代前后在西欧、北美和日本等发达国家开始广泛应用。我国在 60 年代初期才开始研究钢管混凝土结构,80 年代开始用于建筑、冶金、电力和桥梁工程中。进入 90 年代后,钢管混凝土结构在拱桥中开始大量应用,不仅收到了良好的美学效果,还具有较好的经济效益。

5. 外包钢混凝土结构

外包钢混凝土结构是外部配置型钢的混凝土结构。它是为克服装配式钢筋混凝土构件运输、安装时边角混凝土易破损的缺点而发展起来的新型结构形式,如图 0-0-5 所示。

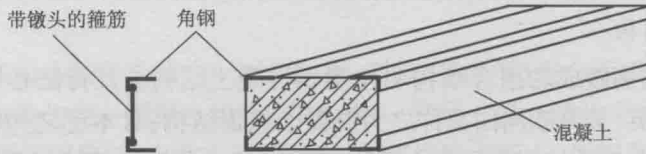


图 0-0-5 外包钢混凝土梁

这种结构的受力主筋由角钢代替,并设置于杆件截面的四个角上,横向箍筋与角钢焊接成骨架。为满足对箍筋的保护要求,可将箍筋两端镦成球状再与角钢内侧焊接。

前苏联在 20 世纪 60 ~ 70 年代对外包钢混凝土结构进行了系统性的研究。我国从 70 年代后期开始研究外包钢混凝土结构,目前这种结构主要用于水利、电力系统的结构工程中。

6. 预弯组合梁结构

预弯组合梁是利用配置在混凝土里的钢梁的自身变形,对混凝土施加预应力的型钢混凝土结构。预弯组合梁由预弯曲的工字形钢梁和一、二期混凝土组成,亦简称预弯梁。它具有钢结构、钢筋混凝土结构以及预应力混凝土结构的特点,其截面组成如图 0-0-6 所示。

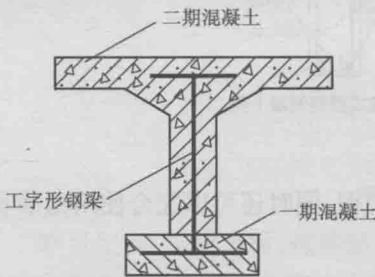


图 0-0-6 预弯组合梁截面形

预弯组合梁的概念最早在 20 世纪 40 年代的比利时出现。60 年代日本开始研究预弯组合梁,80 年代大量用于桥梁结构,并申请了专利。目前在欧、美及日本等国均有专门从事预弯梁生产的公司。我国从 80 年代开始研究预弯组合梁,并且已经建成了 12 座公路桥梁和 1 座铁路桥梁,均为简支结构,其最大简支跨径已达到 40m。目前,预弯组合梁在我国已建立规范体系,仍处于推广应用阶段的初期,前景看好。

7. 波形钢腹板组合结构

波形钢腹板组合结构是用波形形薄钢板代替混凝土梁中的腹板形成的一种新型组合梁结构,由混凝土顶板、底板、波形钢腹板及连接件组成,其截面形式如图 0-0-7 所示。

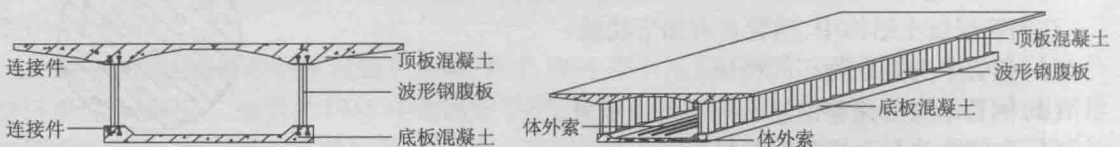


图 0-0-7 波形钢腹板箱梁截面