

钢与混凝土组合结构计算构造手册

严正庭 严立 编著

中国建筑工业出版社

钢与混凝土组合结构计算构造手册

严正庭 严立 编著

中国建筑工业出版社

(京) 新登字 035 号

本书主要介绍压型钢板与混凝土组合楼板、钢与混凝土组合平台梁与组合吊车梁、钢管混凝土柱等组合结构的发展概况、科研成果、设计计算、构造要求和施工要点等内容,既有系统的理论与应用,也有详细的设计资料。书末一章介绍了在高层建筑中近期发展起来的几种主要钢与混凝土的混合结构体系的主体构造形式。

本书可供土建设计、科研、施工工程技术人员及大专院校土建专业师生参考使用。

钢与混凝土组合结构计算构造手册

严正庭 严立 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市顺义县板桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 23 字数: 557 千字

1996 年 5 月第一版 1996 年 5 月第一次印刷

印数: 1—4,600 册 定价: 33.50 元

ISBN 7-112-02764-0

TU·2120 (7874)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

目 录

第一章 绪论	1
第一节 组合结构的发展概况	1
第二节 组合结构的优点	3
第二章 材料	7
第一节 混凝土	7
第二节 钢材	8
第三章 基本设计原则	18
第一节 一般要求	18
第二节 结构变形的规定	19
第四章 压型钢板及组合板设计	21
第一节 概述	21
第二节 压型钢板型号及允许偏差	22
第三节 压型钢板的截面特征	24
第四节 组合板的计算	27
第五节 压型钢板及组合板算例	33
第五章 组合梁截面按弹性理论分析	42
第一节 概述	42
第二节 组合梁截面特征计算	43
第三节 组合梁截面计算	50
第四节 组合梁计算例题	56
第六章 组合梁截面按塑性理论分析	66
第一节 概述	66
第二节 组合梁截面计算	67
第三节 组合梁计算例题	99
第七章 实腹式组合吊车梁	108
第一节 概述	108
第二节 基本设计原则	108
第三节 荷载计算	110
第四节 内力计算	112
第五节 截面选择	114
第六节 疲劳强度计算	116
第七节 钢梁焊缝计算	120
第八节 实腹式组合吊车梁计算例题	121
第八章 连续组合梁	145
第一节 概述	145

第二节	内力分析	146
第三节	中间支座截面受弯承载力	147
第四节	中间支座截面受剪承载力	148
第五节	负弯矩区连接件塑性设计法	149
第六节	跨中挠度计算	149
第七节	混凝土板最大裂缝宽度	150
第八节	连续组合梁计算例题	150
第九章	组合梁的稳定性	161
第一节	概述	161
第二节	组合梁的整体稳定	161
第三节	组合梁的局部稳定	166
第十章	抗剪连接件设计	174
第一节	抗剪连接件的形式	174
第二节	连接件的工作性能	175
第三节	抗剪连接件的试验要求与评价	177
第四节	连接件的抗剪承载力	178
第五节	组合梁抗剪连接件的弹性设计法	181
第六节	组合梁抗剪连接件的塑性设计法	182
第七节	抗剪连接件的疲劳强度验算	183
第八节	梁端部抗剪连接件	184
第十一章	组合柱的计算	187
第一节	轴心受压和轴心受拉杆件	187
第二节	偏心受压与偏心受拉杆件	191
第三节	格构式组合柱	194
第四节	柱子计算长度和刚度折减	198
第五节	组合柱的计算例题	200
第十二章	组合结构的构造与连接	207
第一节	组合板的构造与连接	207
第二节	组合梁的构造与连接	212
第三节	组合柱的构造与连接	220
第十三章	组合结构的施工要点	233
第一节	组合板的施工要点	233
第二节	组合梁的施工要点	236
第三节	组合柱的施工要点	243
第十四章	混合结构体系的主体构造	248
第一节	概述	248
第二节	预制混凝土墙板-钢框架主体构造	248
第三节	现浇混凝土墙板-钢框架主体构造	249
第四节	钢框架-混凝土芯筒主体构造	251
第五节	混凝土框架-钢框架主体构造	253
第六节	混凝土墙-钢框筒主体构造	255
第七节	混凝土芯筒-钢框筒主体构造	261

第八节 混凝土筒-钢梁主体构造	262
附录	264
附录一 常用钢材截面特性表	264
附表 1 热轧等边角钢截面特性表	264
附表 2 热轧不等边角钢截面特性表	267
附表 3 热轧普通工字钢截面特性表	271
附表 4 热轧普通槽钢截面特性表	273
附表 5 热轧宽翼缘 H 型钢截面特性表	275
附表 6 热轧窄翼缘 H 型钢截面特性表	277
附表 7 轻轨、重轨、起重钢轨截面特性表	278
附录二 常用焊接工字形钢的截面特性表	279
附表 8 焊接工字形钢的截面特性表	279
附录三 常用钢筋截面面积表	290
附表 9 钢筋的计算截面面积及公称质量表	290
附表 10 一种直径及两种直径钢筋组合时的钢筋面积 (mm ²)	291
附录四 普通螺栓的承载力设计值	292
附表 11 Q235 钢一个 C 级螺栓的承载力设计值	292
附表 12 Q235 钢一个 A 级、B 级螺栓的承载力设计值	293
附录五 高强度螺栓的承载力设计值	293
附表 13 一个摩擦型高强度螺栓的承载力设计值	294
附表 14 一个承压型高强度螺栓的承载力设计值	295
附录六 组合柱有关 ϕ 、 K_1 、 N 等系数数值的数学表达式	297
附录七 钢管混凝土杆件截面特性	298
附表 15 钢管混凝土杆件截面特性表	298
附录八 三肢和四肢组合柱截面尺寸选用参数表	311
附表 16 三肢和四肢组合柱截面尺寸选用参数表	311
附录九 Q235 钢轴心受压组合杆件稳定系数	311
附表 17 Q235 钢轴心受压组合杆件稳定系数 $\varphi_{x(y)}$	311
附录十 多层无侧移框架柱计算长度系数	312
附表 18 多层无侧移框架柱计算长度系数 μ_L	312
附录十一 多层有侧移框架柱计算长度系数	312
附表 19 多层有侧移框架柱计算长度系数 μ_L	312
附录十二 柱上端为自由的单阶柱的计算长度系数	313
附表 20 柱上端为自由的单阶柱的计算长度系数 μ_L	313
附录十三 柱上端可移动但不转动的单阶柱的计算长度系数	313
附表 21 柱上端可移动但不转动的单阶柱的计算长度系数 μ_L	313
附录十四 柱上端为自由的双阶柱的计算长度系数	314
附表 22 柱上端为自由的双阶柱的计算长度系数 μ_L	314
附录十五 柱上端可移动但不转动的双阶柱的计算长度系数	317
附表 23 柱上端可移动但不转动的双阶柱的计算长度系数 μ_L	317
附录十六 桥式起重机资料	322
附表 24 5t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (一)	322
附表 25 5t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (二)	323

附表 26	10t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (一)	324
附表 27	10t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (二)	325
附表 28	16/3t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (一)	326
附表 29	16/3t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (二)	327
附表 30	20/5t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (一)	328
附表 31	20/5t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (二)	329
附表 32	32/5t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (一)	330
附表 33	32/5t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (二)	331
附表 34	50/10t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (一)	332
附表 35	50/10t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (二)	333
附表 36	75/20t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (一)	334
附表 37	75/20t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (二)	335
附表 38	100/20t 通用电动吊钩桥式起重机技术规格 (一)	336
附录十七	每米长钢板质量表	338
附表 39	每米长钢板质量表	338
附录十八	焊缝坡口的基本形式与尺寸	342
附表 40	手工电弧焊焊缝坡口的基本形式与尺寸	342
附表 41	埋弧焊焊缝坡口的基本形式与尺寸	348
附录十九	每 1cm 长直角角焊缝的承载力设计值	354
附表 42	每 1cm 长直角角焊缝的承载力设计值	354
附录二十	非法定计量单位与法定计量单位的换算关系表	354
附表 43	非法定计量单位与法定计量单位的换算关系	354
参考文献		355

第一章 绪 论

第一节 组合结构的发展概况

20世纪60年代前后,在西欧、美、日等国大量兴建高层建筑的情况下,由于压型钢板自重轻、施工快等一系列的优点,获得了广泛的采用,并促进了压型钢板的生产和应用。压型钢板可作为墙板和屋面板之用,也可用作楼板。压型钢板开始作为楼面混凝土板的永久性模板,在混凝土未凝固之前的施工阶段,它仅承受自重、湿混凝土重及施工活荷载。由于压型钢板型式日新月异并在其上轧制凹凸不平的齿槽,为组合板的试验研究成功奠定了物质基础,如1970年《日本压型钢板结构设计施工规范及说明》、1981年欧洲钢结构协会(ECCS)编制的《组合结构规程及说明》、1985年欧洲经济共同体(CEC)建筑与土木工程部编制了统一标准规程《钢与混凝土组合结构》,促进了组合板结构在国际上的应用与发展。组合板中的压型钢板,不仅在施工阶段用作永久性模板,还可在使用阶段当作组合板结构中的下部受力钢筋之用,从而减少混凝土板中的钢筋。

国内使用压型钢板起步较晚,但发展较快,现已有几十台生产压型钢板的轧机,能保证供应压型钢板;国内也有成套供应圆柱头焊钉、瓷环及专用焊机。1987年著者发表了《钢与混凝土组合板的极限状态设计》一文,随后冶金工业部颁布了《压型金属板设计施工规程》(YBJ216—88)及《钢与混凝土组合楼层设计施工规程》(YB9238—92),这为国内采用压型金属板与组合板奠定了基础。80年代以来,我国兴建了大量高层建筑,如北京香格里拉饭店、长富宫中心、京城大厦、上海静安馆店、上海锦江饭店、深圳发展中心大厦等都已经采用压型钢板作楼层永久性模板或作组合板。

组合梁由于能充分发挥钢与混凝土两种材料的力学性能,在国内外获得广泛的发展与应用。20年代初,在加拿大和英国进行了最早的研究,葛勒斯牌(Gillespie, P.)等人在加拿大杜米伦桥梁公司(Daminion Bridge Compony),于1922年进行了组合梁的试验研究工作,1923年发表了试验研究成果。1925年斯柯特(Scott, W. B.)发表了组合梁强度的试验研究成果。至1930年组合梁结构体系得到了一些试验成功,并建立了组合梁按弹性理论的设计方法,1944年美国州际公路协会(ASSHO)制定的《公路桥涵设计规范》,把组合梁的有关规定,列入其中一些章节。1946年美国《房屋钢结构设计、制造安装规范》也列入组合梁的内容,德国在1945年以后,急需重建战争中毁坏的大量房屋和桥梁,由于钢材短缺,迫使当时工程师们采取最经济的设计,大量采用组合梁结构。在实践基础上,德国于1955年制定了《桥梁组合梁》(DIN1078),1956年制定了《房屋建筑组合梁》(DIN4239)标准。1965年英国制定了《钢与混凝土组合结构·房屋建筑中的简支梁》(cp117: pt. 1)及1967年制定了《钢与混凝土组合结构·桥梁》(cp117: pt. 2)设计标准。几乎同时(1966年)印度标准协会制定了《组合结构设计规范》(IS: 3955-1966)。至

70年代,日本于1975年制定了《组合梁结构设计施工指南及说明》。1979年英国标准协会制定了《钢、混凝土与组合梁桥》(BS5400),其中第五部分为组合梁桥设计标准。

组合梁截面分析方法,开始采用弹性理论,至1965年英国制定了《钢与混凝土组合结构·房屋建筑中的简支梁》(cp117: pt. 1),其中附录A规定组合梁截面按塑性理论的分析方法。编者将此规程翻译并登载于《冶金建筑设计》1977年第8期,首先将组合梁截面分析按塑性理论介绍给国内同行。

我国从50年代初期开始研究组合梁结构,之后在公路、铁路桥梁方面得到应用,还编制了公路及铁路组合梁桥的标准图。1974年我国交通部颁发的《公路桥涵设计规范》及1986年颁发的《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ025—86),对组合梁的构造与计算作了有关规定。在房屋建筑方面,早在50年代,北京钢铁设计研究总院对组合梁结构进行了探讨和研究。例如,60年代使用较早的组合梁结构,为浙江省某钢铁厂的电炉车间平台结构,原设计为非组合梁结构,在施工期间著者将此平台梁改成组合梁结构,节约钢材17%~25%,现已使用20多年,效果良好。70年代初,对峨嵋铁合金厂四车间回转窑的窑头平台结构进行修改时,采用了组合梁结构,这是解决现场施工问题的一个特例。原设计平台结构是钢筋混凝土结构,后发现窑头设备无法检修,由于改成组合梁结构降低200mm梁高,从而解决了设备维修时净空不够的问题。其后又将组合梁用于吊车梁结构,经动、恒载试验的结果良好,获得了中国专利(发明人为严正庭和陈友成)。此专利并经实施,在承德钢厂冷拔车间采用了18m跨组合吊车梁,使用效果良好。

此后我国冶金、机械、电力、煤炭、建材等部门,有大量钢梁上现浇和安装预制混凝土板的平台结构,有的已采用组合平台梁结构,有的还正在考虑使用组合平台梁结构。在高层钢结构建筑楼层也采用了组合梁结构。我国已将组合梁结构,列入现行《钢结构设计规范》(GBJ17—88)第十二章(该章由著者负责起草),促进了组合梁结构在我国广泛应用。

组合柱是在薄壁钢管内灌注素混凝土而成,也称钢管混凝土柱,截面形式有圆形和方形。其工作特点是:1. 核芯混凝土可以防止管壁丧失局部稳定性,防止钢管内表面的锈蚀;2. 钢管可以阻止核芯混凝土在纵向压力作用下的侧向膨胀和酥松剥落,使其处于三向受压状态,从而提高其抗压强度和变形能力。从后一特点看,圆管比方管更有效。此外,圆管对气流阻力小,不易积灰尘,圆管表面积最小,油漆和维修费用低。

钢管混凝土柱用在实际工程中已有80多年的历史。早在20世纪初,美国就在一些单层和多层房屋建筑中采用钢管混凝土柱。30年代末,在前苏联曾应用于跨度逾100m的桥梁。60年代以来,钢管混凝土柱在许多国家都有应用。

我国主要研究在圆钢管中灌素混凝土的内填型钢混凝土结构。最早开展研究工作的是原中国科学院哈尔滨土建研究所。到1963年后,原建筑材料研究院(现苏州水泥和混凝土制品研究院),北京地下铁道工程局、冶金部建筑研究总院、电力工业部电力研究所以及中国建筑科学院结构所等单位,都先后对基本构件的工作性能、设计方法、节点构造和施工技术,开展了比较系统的实验研究工作。原国家建委建筑科学研究院、冶金部建筑研究总院、北京钢铁设计研究总院、原北京工业建筑设计院、原第六机械工业部第九设计院(现中国船舶总公司第九设计院)、南昌有色金属设计研究院、太原钢铁厂设计院、电力设计院、首钢设计院、广西壮族自治区建委综合设计院,建设部第三工程局以及基建工程兵等单位都积极地推广了这种新结构。

60年代中,开始在一些厂房柱和地下铁道工程中采用钢管混凝土结构。例如,鞍山混凝土制管车间,临汾钢厂洗煤车间,山西垣曲十八河尾矿输送流槽桥(跨度19m和25m)以及首都地铁第一期工程中部分站台柱等。

进入70年代后,钢管混凝土柱结构在国内获得进一步推广应用。例如首都地铁第二期环线工程中所有站台柱,本溪钢铁公司轧辊钢锭膜车间刚架柱(1972年北京钢铁设计研究院总院设计)、首钢四号高炉构架采用的单管混凝土柱(1972年)以及辽化热电分厂11号锅炉构架柱(1976年)等。

1978年钢管混凝土结构第一次列入国家科学发展规划。从此,钢管混凝土结构无论在科学研究方面,还是在设计、施工方面,都取得了较大的进展,采用钢管混凝土结构的工程日渐增多。

第二节 组合结构的优点

一、压型钢板与混凝土组合板

压型钢板做为屋面板、墙板之用,可有自重轻、安装快、基础费用低等一系列的优点;压型钢板作为楼层永久性模板之用,与组合板的优点相比较,除下述组合板优点的第2点外,它都具备。

组合板具有下列实际上的优点:

1. 不需要模板,因此也不需模板拆卸安装工作,也可避免由易燃的模板而引起的建筑失火的危险。
2. 压型钢板的作用相当于抗拉主钢筋,用以抵抗板底面的正弯矩,只在认为需要之处才加设抵抗混凝土收缩及温度影响的钢筋。
3. 压型钢板本身为混凝土楼层提供了平整的顶棚表面。
4. 压型钢板可叠在一起,并可置于集装箱内,易于运输、存储、堆放与装卸。
5. 压型钢板的波纹间有预加工的槽,供电力、通信等工程之用。
6. 在安装后,压型钢板可用作工人、工具、材料、设备的安全工作台。
7. 使用组合板,施工时间大为减少,可以继续进行另一楼层混凝土的浇灌,而不需要等待前一层浇灌的楼板达到要求的混凝土强度等级。
8. 整个结构的恒荷载减少,节约了下部基础的费用。
9. 在施工阶段,压型钢板可起增强支承钢梁侧向稳定的作用。

二、组合梁

组合梁结构除了能充分发挥钢材和混凝土两种材料受力特点外,与非组合梁结构比较,具有下列一系列的优点:

1. 节约钢材

(1) 以某工程冶炼车间为例。该车间标高16.9m的平台,原设计是钢梁上浇灌混凝土板,按钢筋混凝土板不参与钢梁共同工作,后在施工现场将其修改成钢筋混凝土板与钢梁共同工作的组合梁,节约钢材17%~25%,如表1-1所示。该车间的平台组合梁已使用20多年,效果良好。

(2) 编者在参加编制《钢结构设计规范》(GB17—88)期间,曾对其第十二章钢与混凝土

组合梁较非组合梁重量比较

表 1-1

梁 号	跨 度 (m)	组 合 梁 (kg)	非 组 合 梁 (kg)	组 合 梁
				非组合梁
A ₁	6	309	410	0.75
A ₂	6	339	410	0.83
A ₃	6	339	410	0.83
A ₄	6	231	292	0.79
A ₅	9	1440	1771	0.81

土组合梁进行试设计,作了非组合梁与组合梁两种设计方案对比,这两种类型梁的设计条件是:均采用9m×12m平台的一个单元面积进行对比,钢梁采用Q235—B·F,钢筋混凝土板的混凝土强度等级采用C20找平层为40mm,施工活荷载为1kN/m²,可变荷载为13kN/m²。非组合梁的钢梁考虑截面部分塑性发展进行计算,而组合梁截面计算则采用塑性理论。计算结果如表1-2所示。从该表中可以看出,组合梁较非组合梁的主、次梁,分别节约钢材35.6%及30%,非组合梁及组合梁分别折算成每平方米平台面积钢材消耗量为38.5kg与25.5kg,每平方米节约钢材为13kg(即每平方米节约钢材33.8%),如每年推广10万m²平台面积,采用组合梁结构,即可节约钢材1300t。

非组合梁与组合梁技术经济比较

表 1-2

设计方案	结构型式	设计理论	梁的类别	钢梁重量 (kg)	挠 度 (mm)	造 价 (元)
I	非组合梁	考虑钢梁截面部分 发展塑性变形	次 梁	416 (100%)	14.9 (100%)	602 (100%)
			主 梁	1662 (100%)	11.6 (100%)	2403 (100%)
I	组 合 梁	塑 性 理 论	次 梁	268 (64.4%)	5.16 (35%)	388 (64.4%)
			主 梁	1161 (70%)	9.83 (84.7%)	1679 (70%)

2. 降低梁高

组合梁较非组合梁不仅节约钢材,降低造价,而同时降低了梁的高度,这在建筑或工艺限制梁高的情况下,采用组合梁结构特别有利。表1-3是3跨6层框架按弹性理论与塑性理论设计的组合梁与非组合梁,进行重量比与梁高对比。从表1-3可以看出,按塑性理论进行设计的组合梁,不仅节约钢材34%,而且梁高降低了10%。

3. 增强刚度

组合梁由于钢梁与钢筋混凝土板共同工作,大大地增强了梁的刚度。从表1-2可以看出,组合梁较非组合梁的主、次梁,分别减少挠度15.3%及65%。挠度减少,说明了组合

组合梁与非组合梁重量及高度比

表 1-3

梁 型	设计理论	重 量 比 (%)	高 度 比
非 组 合 梁	弹性理论	100	100
	塑性理论	95	102
组 合 梁	弹性理论	86	91
	塑性理论	66	90

梁的刚度有较大的增强。

4. 增强梁的承载力

从梁的一些试验资料表明,组合梁的实际承载力为设计承载力的 2.2~2.6 倍,而非组合梁一般不大于 2。

5. 降低冲击系数

例如我国某地的桥梁进行实测,用 YH 型机车以 64.4km 时速通过时,对全钢梁桥产生的冲击系数为 1.403,而在同样情况下的组合梁桥,实测的冲击系数为 1.121,后者较前者的冲击系数低达 20%。

6. 抗震性能好

徒河电厂的一期工程采用组合梁结构,经历了 1976 年唐山大地震的考验,这充分说明组合梁结构抗震性能良好。

7. 改善了抗疲劳性能

例如起重量为 5t 的吊车轮压,经过钢轨在全钢吊车梁上翼缘的分布长度,经计算为 256mm;而组合吊车梁,吊车轮压经过钢轨、钢筋混凝土翼缘板,在钢梁上翼缘的分布长度,经计算为 725mm,相当于全钢吊车梁的 3 倍左右,从而改善了吊车梁的工作状态,也就改善了吊车梁抗疲劳性能。编者曾试验了两根 6m 跨组合吊车梁,钢梁采用 14 锰铌半镇静钢,试验结果表明,它的抗疲劳性能良好,分别安全地通过应力循环次数为 200 万次及 600 万次。

8. 局部受压稳定性能良好

例如某工程 18m 跨全钢吊车梁,按腹板稳定性计算公式计算得 0.45,而组合吊车梁则得 0.0836,仅为全钢吊车梁的 1/5.4。

9. 使用寿命长

全钢吊车梁水平刚度较差、致使有些重级工作制全钢吊车梁的上翼缘与腹板连接处附近产生裂纹。这种情况,在美、日、俄、德等国时有发生,严重的要更换新梁,有的重级工作制全钢吊车梁使用寿命只有几年,各国都设专题进行研究,谋求解决。

组合吊车梁因具有刚强的钢筋混凝土板,致使其钢梁上翼缘的应力很低,虽吊车梁的计算外力设计值偏低,使组合梁的钢梁上翼缘连接焊缝附近主体金属的应力幅 $\Delta\sigma$,往往小于容许应力幅 $[\Delta\sigma]$,不会使梁产生裂纹而损坏,因而大大地延长了吊车梁的使用寿命。

采用组合柱(钢管混凝土柱)具有一系列的优点:

1. 技术经济效益显著。表 1-4 是某工程的厂房柱采用钢管混凝土柱后与一般采用钢柱或钢筋混凝土柱的技术经济比较。由表可见,该工程采用钢筋混凝土柱,自重达 77.5t;采

用钢柱为 32t 重；而采用钢管混凝土柱则仅需钢材 12t，较采用钢柱节约钢材 62.5%。

各种柱技术经济比较表

表 1-4

结 构 类 型	钢 材 用 量		混 凝 土 用 量		自 重	
	t	%	m ³	%	t	%
钢筋混凝土双肢柱	7.1	22.2	30.9	100	77.5	100
钢 柱	32	100	—	—	32	41.2
钢管混凝土三肢柱	12	37.5	8.7	28.8	33.7	43.5

注：表中数值按单根柱计算。

2. 组合柱强度高、重量轻、塑性好、耐疲劳、耐撞击。

3. 采用组合柱，在施工中可减少工序环节，简化安装、节省劳力，特别是在施工单位采用抛落无振捣工艺及泵送顶升混凝土工艺后，进一步促进了这种新型组合结构的发展。

第二章 材 料

第一节 混 凝 土

混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方抗压强度标准值系指按照标准制作养护的边长为 150mm 的立方体试件，在 28 天龄期用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度。

工业建筑平台组合梁的现浇混凝土板的混凝土强度等级一般采用 C20。如采用装配成整体的叠合板，预制板的混凝土强度等级可采用 C20~C30，后浇混凝土部分的混凝土强度等级不小于 C20，组合吊车梁的钢筋混凝土翼缘板的混凝土强度等级可采用 C30~C40。高层建筑楼层组合梁的混凝土强度等级可采用 C20~C40。钢管混凝土柱内的混凝土强度等级，一般采用 C30~C50。在常用含钢量情况下，Q235 钢和 16Mn 钢宜配 C30 或 C40 混凝土，15MnV 钢宜配 C40 或 C50 混凝土。由于钢管本身是封闭的，多余水分不能排出，因而水灰比不能过大。采用泵送混凝土或抛落无振捣浇灌时，使用流动性混凝土；采用振捣浇灌工艺时，则使用塑性混凝土。

为了尽可能减少管内混凝土的游离水份，一般塑性混凝土的水灰比不宜大于 0.4；流动性混凝土的水灰比不宜大于 0.45。为便于施工和确保混凝土振捣密实，可以掺入各种引气量小的减水剂。对于直径大于 500mm 的钢管混凝土柱，管内混凝土宜选用自补偿或微膨胀混凝土。

混凝土强度标准值及设计值应按表 2-1 及表 2-2 采用。

混凝土强度标准值 (N/mm²)

表 2-1

强度种类	符 号	混 凝 土 强 度 等 级											
		C7.5	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
轴心抗压	f_{ck}	5	6.7	10	13.5	17	20	23.5	27	29.5	32	34	36
弯曲抗压	f_{cmk}	5.5	7.5	11	15	18.5	22	26	29.5	32.5	35	37.5	39.5
抗 拉	f_{tk}	0.75	0.9	1.2	1.5	1.75	2	2.25	2.45	2.6	2.75	2.85	2.95

混凝土强度设计值 (N/mm²)

表 2-2

强度种类	符 号	混 凝 土 强 度 等 级											
		C7.5	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
轴心抗压	f_c	3.7	5	7.5	10	12.5	15	17.5	19.5	21.5	23.5	25	26.5
弯曲抗压	f_{cm}	4.1	5.5	8.5	11	13.5	16.5	19	21.5	23.5	26	27.5	29
抗 拉	f_t	0.55	0.65	0.9	1.1	1.3	1.5	1.65	1.8	1.9	2	2.1	2.2

- 注：1. 计算现浇钢筋混凝土轴心受压及偏心受压构件时，如截面的长边或直径小于 300mm，则表中混凝土的强度设计值应乘以系数 0.8；当构件质量（如混凝土成型、截面和轴线尺寸等）确有保证时，可不受此限；
2. 离心混凝土的强度设计值应按有关专门规定取用。

混凝土疲劳强度设计值 (f_c^f 、 f_{cm}^f 、 f_t^f) 应按表 2-2 的混凝土强度设计值乘以相应的疲劳强度修正系数 γ_p 确定。修正系数 γ_p 应根据不同疲劳应力比值 ρ^f 按表 2-3 采用。

疲劳应力比值按下列公式计算：

$$\rho^f = \sigma_{c,\min}^f / \sigma_{c,\max}^f \quad (2-1)$$

式中 $\sigma_{c,\min}^f$ 、 $\sigma_{c,\max}^f$ ——构件疲劳验算时，截面同一纤维上的混凝土最小应力及最大应力。

不同 ρ^f 值时混凝土的疲劳强度修正系数 γ_p 表 2-3

ρ^f	$\rho^f < 0.2$	$0.2 \leq \rho^f < 0.3$	$0.3 \leq \rho^f < 0.4$	$0.4 \leq \rho^f < 0.5$	$\rho^f \geq 0.5$
γ_p	0.74	0.80	0.86	0.93	1.0

注：1. 表中系数仅适用于承受重级工作制吊车梁的构件，对于中级工作制吊车的混凝土疲劳强度修正系数 γ_p ，应按表中数值乘系数 1.1 采用，但相乘后的数值不得大于 1.0；

2. 如采用蒸气养护时，养护温度不宜超过 60℃，如超过时，应按计算需要的混凝土强度设计值提高 20%。

混凝土弹性模量 E_c 及疲劳变形模量 E_c^f 应按表 2-4 采用。

E_c 及 E_c^f (N/mm²) 表 2-4

混凝土强度等级	弹性模量	疲劳变形模量
C20	2.55×10^4	1.1×10^4
C25	2.80×10^4	1.2×10^4
C30	3.00×10^4	1.3×10^4
C35	3.15×10^4	1.4×10^4
C40	3.25×10^4	1.5×10^4

注：混凝土剪变模量 G_c 按表内混凝土弹性模量的 0.4 倍采用

当温度在 0℃~100℃ 范围内时，混凝土线膨胀系数 α_t 可采用 1×10^{-5} （以每摄氏度计），组合板及组合梁线膨胀系数 α_t 亦可采用 1×10^{-5} ，混凝土泊松比 $\nu_c = 0.2$ 。

第二节 钢 材

一、钢筋

平台组合梁及楼层组合梁的钢筋混凝土板中的钢筋一般采用 I 级、II 级钢筋，组合吊车梁的钢筋混凝土翼缘板中的纵向受力钢筋，可采用 II 级、III 级钢筋。混凝土板中所采用的钢筋种类、牌号、符号及标准代号如表 2-5 所示。

钢筋的种类、牌号及符号 表 2-5

钢、筋、种、类		符、号	标、准、代、号
热 轧 钢 筋	I 级 (Q235)	⊙	GB13013--91
	II 级 (20MnSi、20MnNb)	⊙	GB1499--91
	III 级 (20MnSiV、20MnTi、25MnSi、K20MnSi)	⊕	GB1499--91 GB13014--91

I级钢筋的现行标准为《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》(GB13013—91)。该标准规定：热轧光圆钢筋是经热轧成型并自然冷却的成品光圆钢筋，热轧直条光圆钢筋级别为I级，强度等级代号为R235。钢筋的公称直径范围为8~20mm；推荐的钢筋公称直径为8、10、12、16、20mm。钢筋按直条交货时，其通常长度为3.5~12m，其中长度为3.5m至小于6m之间的钢筋不得超过每批重量的3%。钢筋按定尺或倍尺长度交货时，应在合同中注明，其长度允许偏差不得大于+50mm。

II级、III级钢筋的现行标准为《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB1499—91)。该标准规定：II级、III级钢筋为月牙肋钢筋、即横肋的纵截面呈月牙形，且与纵肋不相交的钢筋(图2-1)，II级、III级的强度等级代号分别为RL335、RL400，其中R为热轧的汉语拼音字

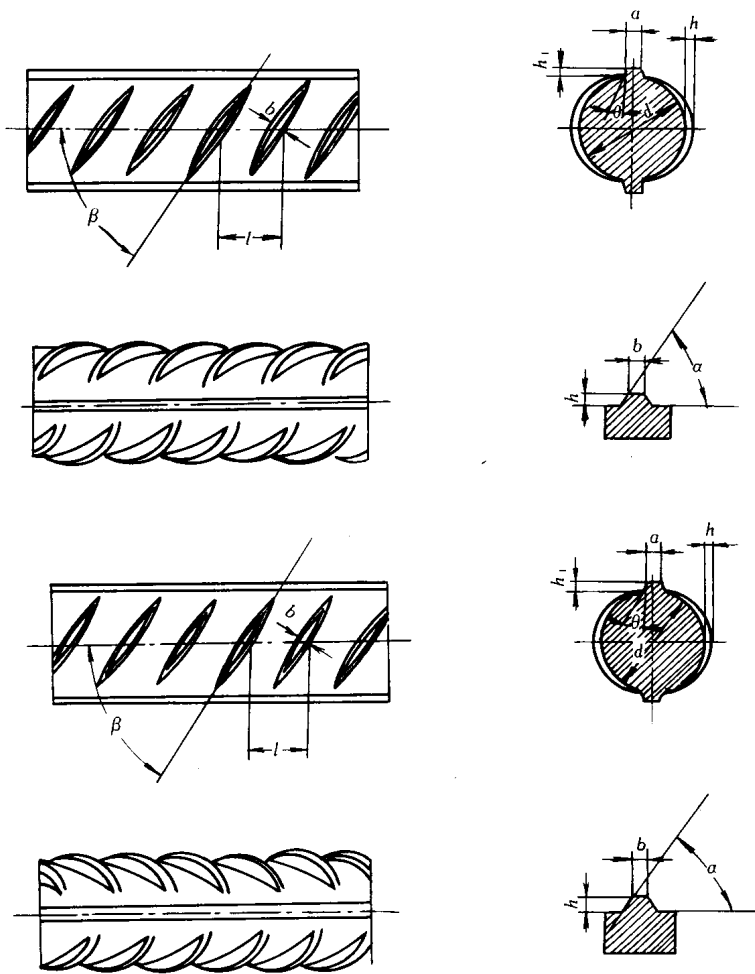


图 2-1 月牙肋钢筋表面及截面形状

d —钢筋内径； α —横肋斜角； h —横肋高度； β —横肋与轴线夹角； h_1 —纵肋高度； θ —纵肋斜角； a —纵肋顶宽； l —横肋间距； b —横肋顶宽

头, 钢筋的公称直径范围为 8~50mm, 推荐的钢筋公称直径为 8、10、12、16、20、25、32 和 40mm。钢筋按直条交货时, 其通常长度为 3.5~12m, 其中长度为 3.5m 至小于 6m 之间的钢筋不得超过每批重量的 3%; 钢筋按定尺或倍尺长度交货时, 应在合同中注明, 其长度允许偏差不应大于 +50mm。

热轧钢筋的强度标准值系根据屈服点确定。对普通钢筋, 其屈服点标准值用 f_{yk} 表示。I~III 级钢筋的强度标准值应按表 2-6 采用。

钢筋强度标准值 (N/mm²)

表 2-6

种 类	f_{yk}
I 级 (Q235)	235
I 级 (20MnSi、20MnNbb) d=8~40	335
II 级 (20MnSiV、20MnTi、25MnSi、K20MnSi)	400

钢筋抗拉强度设计值 f_y 及钢筋抗压强度设计值 f'_y 应按表 2-7 采用。

钢筋强度设计值 (N/mm²)

表 2-7

种 类	f_y	f'_y
I 级 (Q235)	210	210
II 级 (20MnSi、20MnNbb) d=8~40	310	310
III 级 (20MnSiV、20MnTi、25MnSi、K20MnSi)	360	360

钢筋混凝土结构中钢筋疲劳强度设计值, 按表 2-8 采用。

钢筋混凝土结构中钢筋疲劳强度设计值 (N/mm²)

表 2-8

疲 劳 应 力 比 值	f_f		
	I 级钢筋	II 级钢筋	III 级钢筋
$-1.0 \leq \rho^f < -0.8$	85		
$-0.8 \leq \rho^f < -0.6$	95		
$-0.6 \leq \rho^f < -0.4$	105		
$-0.4 \leq \rho^f < -0.2$	115		
$0.2 \leq \rho^f < 0$	135		
$0 \leq \rho^f < 0.1$	155	175	175
$0.1 \leq \rho^f < 0.2$	165	185	185
$0.2 \leq \rho^f < 0.3$	175	200	205