

► 清华大学土木工程系列教材

高层建筑结构 设计和计算

第2版
(下册)

包世华 张铜生 编著

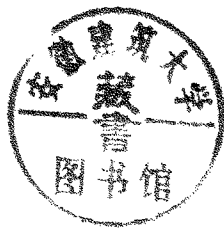
清华大学出版社

清华大学土木工程系列教材

高层建筑结构 设计和计算

第2版
(下册)

包世华 张铜生 编著



清华大学出版社
北京

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑结构设计和计算. 下册 / 包世华, 张铜生编著. --2 版. --北京: 清华大学出版社, 2013. 1

(清华大学土木工程系列教材)

ISBN 978-7-302-29957-8

I. ①高… II. ①包… ②张… III. ①高层建筑—结构设计—高等学校—教材 ②高层建筑—建筑结构—计算方法—高等学校—教材 IV. ①TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 209356 号

责任编辑: 秦 娜

封面设计: 陈国熙

责任校对: 赵丽敏

责任印制: 沈 露

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

社总机: 010-62770175

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

邮 编: 100084

邮 购: 010-62786544

印刷者: 清华大学印刷厂

装订者: 三河市李旗庄少明印装厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 203mm×253mm 印 张: 37

版 次: 2007 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 2 版

印 数: 1~3000

定 价: 79.00 元

字 数: 928 千字

印 次: 2013 年 1 月第 1 次印刷

产品编号: 048211-01

第 2 版前言

鉴于建筑结构规范和规程新一轮的全面修订和近年来高层建筑结构的迅猛发展,本书也进行了全面的修订和内容的增补与更新,以适应新形势下教学和工程设计的需要。

第 2 版仍保留原书根据内容和要求不同,分为上、下两册的做法。上册为基础内容册,共 10 章,是为学生和工程技术人员学习和了解高层建筑混凝土结构的基础内容而编写的,可作为普通高等学校的教材,同时也可作为初学者的参考用书。下册为提高、深入的专题册,共 8 章,可作为本科生、研究生、教师和工程技术人员深入研究、提高的学习材料以及专题参考资料。

第 2 版主要改动的地方有下面几个方面:

1. 与《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)(以下简称《高层规程》)有关内容的修订。

(1) 前 8 章中有关设计和构造等的内容,全部按《高层规程》进行了改写,包括其中的例题,全按新规程进行了改算。

(2) 第 2 章中补充了高层建筑结构抗震性能设计和抗连续性倒塌设计的概念等,以及重力二阶效应和整体稳定的内容。

(3) 第 5 章中增加了 5.7 节框架-剪力墙结构平面为斜向布置的近似计算,和 5.8 节框架-剪力墙-薄壁筒斜交结构的弯扭耦连计算。这些内容是从原第 10 章移过来的。

(4) 为说明我国内地近 10 年内高层建筑迅猛的发展状况,收录了内地超过 200m 以上 71 幢高楼。

2. 将原第 16 章高层建筑空间弹塑性动力分析内容重新梳理、编排,并增加了编者及其研究团队的研究成果,组成新增加的第 17 章隔震结构空间弹塑性动力分析和第 18 章消能减震结构空间弹塑性分析。这些都是高层建筑结构设计中大家关注的问题,也是高层建筑结构研究的前沿课题。这 3 章介绍了 HBTA 程序的不同版本,并有两个实际工程的详细算例。

3. 由于下册的篇幅过大,将原在下册的第 9、10 章移入了上册。

第 15~18 章,由于专题性较强,引用文献较多,为了查阅资料方便,各章参考文献单独列出。

本书上册由包世华编写。下册由包世华、张铜生共同编写;第 11~14 章由包世华编写,第 15~18 章由张铜生编写。

书中难免存在不妥之处,欢迎读者批评指正。

编著者
2012 年 8 月

第 1 版前言

本书是在作者编著的《高层建筑结构计算》一书的基础上,因建筑结构规范的全面修订及近年来高层建筑结构的新发展而重新编写的,以适应新形势下教学和工程的需要。

全书共 16 章,为了突出基本内容,并贯彻少而精的原则,根据内容和要求的不同分为上、下两册。

上册为基础内容册。全册突出基本概念,注重实用算法,特别是以手算为基础的简便方法,注意不同计算方法之间的差别及内在联系,注意结构受力和变形特性的分析等。上册以最常用的三大结构体系为主,兼及简体,并以混凝土结构为主(对结构体系与布置,各种结构体系的内力和位移计算方法等,所述原则和方法对高层钢结构、钢混结构均适用)。为了突出基本要求,便于初学者掌握,讲解方法力求深入浅出、简明扼要。为了便于教和学,各章增加了例题,并有一个贯彻始终的框-剪结构工程设计实例,各章后附有思考题和习题。供普通高等院校作为教材使用,同时可供初学者作为参考用书。

下册为提高、深入和专题册。围绕底层大空间剪力墙结构的计算,高层建筑结构复杂问题的计算,高层建筑简体结构的计算(续篇),高层建筑结构的有限条分析法,半解析常微分方程求解器方法和有限元线法,高层建筑结构动力特性分析,高层建筑结构地震作用的反应谱分析法,高层建筑结构抗震分析的时程分析法,高层建筑空间弹塑性动力分析程序 HBTA 简介等方面,做了全面、深入的讨论,其中许多是作者近年来的科研成果。可作为大学生、研究生、教师及工程技术人员深入、提高的学习材料及专题参考资料。第 15、16 两章专题性较强,引用文献较多,为了查阅资料方便,单列了参考文献。

本书由包世华、张铜生共同编写。其中第 15、16 章由张铜生编写,其他各章由包世华编写。

书中难免存在不妥之处,欢迎读者批评、指正。

编著者

2004 年 8 月

目 录

第 11 章 高层建筑筒体结构的计算(续篇)	1
11.1 框筒结构在水平荷载下的等代角柱法	1
11.1.1 计算简图和计算方法	1
11.1.2 图表的制作和使用	3
11.1.3 翼缘框架梁弯矩和剪力计算	4
11.1.4 计算步骤与算例	7
11.2 筒中筒结构在水平荷载下的连续体-微分方程法	9
11.2.1 计算简图和计算方法	9
11.2.2 微分方程的建立	9
11.2.3 三种典型荷载作用时的解	11
11.2.4 外框筒的内力计算	15
11.2.5 计算步骤与算例	20
11.3 框筒和筒中筒结构在扭转荷载下的微分方程解法	23
11.3.1 框筒结构在扭转荷载下的计算	23
11.3.2 筒中筒结构在扭转荷载下的计算	26
11.4 变截面筒中筒结构在水平荷载下的计算	28
11.4.1 计算简图与计算方法	28
11.4.2 变截面框筒结构的应力分析	29
11.4.3 变截面框筒结构的侧向位移	34
11.4.4 变截面框筒的柔度矩阵	35
11.4.5 外框筒的内力计算	38
11.4.6 外筒翘曲和筒中筒结构的侧向位移计算	39
11.4.7 计算步骤	40
11.5 变截面筒中筒结构在扭转荷载下的计算	40
11.5.1 计算简图与计算方法	40
11.5.2 变截面框筒的扭转应力分析	41
11.5.3 变截面框筒结构的扭转角	43
11.5.4 变截面框筒的扭转柔度矩阵	45

11.5.5	内筒的扭转柔度矩阵	48
11.5.6	外框筒的内力和位移计算	50
11.5.7	内筒的内力和位移计算	51
11.5.8	计算步骤	51
11.6	多边形筒体结构在水平荷载下的计算	52
11.6.1	基本思路	52
11.6.2	按梁理论求应力	52
11.6.3	自应力状态	53
11.6.4	应变余能驻值条件	58
11.6.5	驻值方程的解法(一)	60
11.6.6	驻值方程的解法(二)	61
11.6.7	多边形截面筒体的计算	63
11.7	多孔束筒结构在水平荷载下的计算	66
11.7.1	计算筒图和计算方法	66
11.7.2	多孔束筒的应力分析	67
11.7.3	多孔束筒的位移计算	72
11.7.4	算例	73
第 12 章	高层建筑结构的有限条分析法、半解析常微分方程求解器方法和有限元线法	81
12.1	概述	81
12.2	条元模型和等效连续体的弹性常数	82
12.2.1	框筒条	83
12.2.2	内筒虚条	85
12.2.3	楼盖虚条	85
12.3	条元的位移函数	86
12.3.1	基函数	87
12.3.2	形函数	89
12.4	筒体结构的条元分析	89
12.4.1	筒体结构条元(e)的位移函数	89
12.4.2	条元的刚度方程	91
12.5	筒体结构分析	93
12.5.1	结构坐标系中的条元刚度方程	93
12.5.2	结构的整体刚度方程	94
12.5.3	筒体结构应力和内力计算	95
12.6	对称结构的计算和计算实例	96

12.6.1	对称结构的计算	96
12.6.2	计算实例	97
12.7	高层建筑筒体结构的半解析常微分方程求解器方法	99
12.7.1	方法概述	99
12.7.2	阶形变截面筒体的计算	100
12.7.3	筒中筒结构的计算	103
12.7.4	算例	104
12.8	高层建筑筒体结构的有限元线法	106
12.8.1	计算模型、基本假设和计算方法	106
12.8.2	条单元分析	107
12.8.3	整体分析——基本方程、边界条件和连接条件的建立	110
12.8.4	算例	112
第 13 章	高层建筑结构动力特性分析	114
13.1	动力特性分析概述	114
13.1.1	理论分析法	114
13.1.2	实测和经验公式法	115
13.2	框架结构	115
13.2.1	强梁弱柱型框架	116
13.2.2	强柱弱梁型框架	118
13.2.3	剪切杆法	120
13.3	剪力墙结构和框架-剪力墙共同工作体系	124
13.3.1	剪力墙的计算假定和计算图	124
13.3.2	剪力墙的振动基本方程式及其解	125
13.3.3	框架-剪力墙共同工作体系	127
13.4	框支剪力墙和落地剪力墙共同工作体系	128
13.4.1	计算假定和计算简图	128
13.4.2	基本方程式及解法	129
13.4.3	特征方程及自振周期公式	131
13.4.4	算例	136
13.5	框支剪力墙、落地剪力墙和壁式框架共同工作体系	138
13.5.1	计算假定和计算简图	138
13.5.2	基本方程式及解法	139
13.5.3	特征方程式及自振周期公式	142
13.5.4	算例	144

13.6	高层建筑正交结构层模型的弯扭耦合振动	146
13.6.1	计算模型和计算公式	146
13.6.2	算例	148
13.7	框架-剪力墙-薄壁筒斜交结构的弯扭耦合振动	151
13.7.1	基本假设和计算方法	151
13.7.2	弯扭耦合振动方程及其解耦	151
13.7.3	自振频率和振型的计算公式	155
13.7.4	计算步骤和算例	157
13.8	高层建筑结构考虑楼板变形和地基变形时的振动	161
13.8.1	计算模型	161
13.8.2	上部结构的振动微分方程	162
13.8.3	基础的振动方程	164
13.8.4	边界条件和连接条件	165
13.8.5	常微分方程特征值问题及其变换	166
13.8.6	用 COLSYS 求解算例	167
13.9	变截面框架-剪力墙-薄壁筒斜交结构考虑楼板变形时的振动	172
13.9.1	基本假设和计算模型	172
13.9.2	振动平衡方程	172
13.9.3	常微分方程特征值问题及其变换	174
13.9.4	用 COLSYS 求解步骤与算例	176
13.10	变截面框架-剪力墙-薄壁筒斜交结构考虑竖向荷载作用时的弯扭耦合振动	179
13.10.1	计算模型	179
13.10.2	考虑竖向荷载作用时的弯扭耦合振动方程	180
13.10.3	常微分方程特征值问题	182
13.11	大底盘多塔楼、大底盘大孔口结构和大底盘多塔楼连体结构的振动	185
13.11.1	基本假设和计算模型	185
13.11.2	振动方程、边界条件和连接条件	185
13.11.3	算例和讨论	187
13.12	筒体结构等效连续体的振动	192
13.12.1	计算假定和计算图	192
13.12.2	外框筒的侧移和扭转柔度矩阵	192
13.12.3	内筒的侧移和扭转柔度矩阵	197
13.12.4	结构的动力方程	198
13.12.5	算例和结论	201
13.13	高层建筑筒体结构的半解析常微分方程求解器法振动计算	203

13.13.1	基本假设和计算模型	203
13.13.2	振动方程、边界条件和连接条件	203
13.13.3	常微分方程特征值问题的变换和算例	206
13.14	高层建筑筒体结构有限元线法振动计算	207
13.14.1	计算模型、基本假设和计算方法	207
13.14.2	条单元分析	208
13.14.3	整体分析——基本方程、边界条件和连接条件的建立	211
13.14.4	常微分方程特征值问题的求解	212
13.14.5	算例和讨论	213
第 14 章	高层建筑结构地震作用的反应谱分析法	216
14.1	结构抗震动力计算概述	216
14.1.1	地震作用理论的发展	216
14.1.2	结构地震振动方程	217
14.1.3	振动方程的分类及分析方法	219
14.2	地震反应谱及按反应谱计算地震作用原理	220
14.2.1	单自由度体系地震作用的计算	220
14.2.2	地震反应谱	222
14.2.3	抗震设计反应谱——地震影响系数	224
14.3	多自由度体系地震作用的近似计算——底部剪力法	225
14.3.1	底部剪力法的计算公式	225
14.3.2	突出屋面的小塔楼和高塔的地震作用	226
14.4	多自由度体系的地震反应计算	228
14.4.1	正则坐标和振型参与系数	228
14.4.2	多自由度体系无阻尼时的地震反应计算	230
14.4.3	多自由度体系有阻尼时的地震反应计算	232
14.5	多自由度体系地震作用的计算公式及效应组合	234
14.5.1	多自由度体系地震作用的计算公式	234
14.5.2	效应组合	235
14.6	考虑扭转影响时的地震作用计算公式及效应组合	236
14.6.1	问题的提出	236
14.6.2	地震作用下不对称结构的计算方法	236
14.6.3	地震作用计算公式	239
14.6.4	地震作用效应组合	241

第15章 高层建筑结构抗震分析的时程分析法	243
15.1 概述	243
15.2 结构的振动计算模型	245
15.2.1 总体模型	246
15.2.2 层模型	246
15.2.3 杆系模型	249
15.2.4 杆系-层模型	258
15.3 结构的弹塑性本构模型	260
15.3.1 分段直线型恢复力模型	261
15.3.2 分段直线回线形式和规则	263
15.3.3 曲线型恢复力模型	267
15.3.4 构件的多维恢复力模型	268
15.4 结构振动模型的刚度矩阵	271
15.4.1 剪切型层模型的刚度矩阵	271
15.4.2 剪弯型层模型	272
15.4.3 杆系模型的刚度矩阵	273
15.4.4 空间协调杆系-层模型的刚度矩阵	282
15.5 质量矩阵和阻尼矩阵	285
15.5.1 质量矩阵	285
15.5.2 阻尼矩阵	286
15.6 对选用地震波的要求	288
15.7 结构动力平衡方程的求解方法	294
15.7.1 线性加速度法	294
15.7.2 威尔逊- θ 法	296
15.7.3 纽马克法	297
15.7.4 龙格-库塔法	298
15.7.5 增量方程积分的拟静力法	299
15.7.6 半增量方程积分的拟静力法	301
15.7.7 算法的精度	303
15.7.8 地震反应的延性	304
15.8 计算结果示例和程序简介	305
15.8.1 计算结果示例	305
15.8.2 程序简介	307

第 16 章 高层建筑空间弹塑性动力分析程序 HBTA 1.0 的编制原理简介	308
16.1 程序 HBTA 1.0 功能简介	308
16.2 杆件截面多维恢复力模型	309
16.2.1 引言	309
16.2.2 矩形截面恢复力模型	309
16.2.3 任意形状薄壁截面基于各边恢复力特性的双向压弯恢复力模型	312
16.3 杆件-层模型的理论分析	321
16.3.1 引言	321
16.3.2 杆件单元的刚度矩阵	321
16.3.3 杆系-层模型的刚度矩阵	333
16.3.4 结构动力平衡方程	333
16.4 程序的编制与验证	336
16.4.1 主程序框图及子程序介绍	336
16.4.2 程序的验证	337
16.5 结构的弹塑性计算	342
16.5.1 大连远洋大厦弹塑性动力时程分析	342
16.5.2 单、双向及扭转地震波输入下结构的反应比较	368
16.5.3 天津第一中心医院弹塑性动力时程分析	372
16.5.4 高层钢结构设计实例	398
16.6 关于竖向位移平面假定的讨论	408
 第 17 章 隔震结构空间杆系-层模型弹塑性动力分析程序 HBTA 2.0、HBTA 2.5 的 编制原理	 415
17.1 结构隔震技术的发展	415
17.2 橡胶垫隔震技术	416
17.2.1 叠层橡胶垫隔震房屋的隔震性能	417
17.2.2 程序 HBTA 2.0 功能简介	420
17.2.3 国内外其他隔震结构弹塑性动力分析程序介绍	421
17.2.4 叠层橡胶垫隔震装置的弹塑性恢复力模型	422
17.2.5 隔震结构运动方程的数值解法	430
17.2.6 HBTA 2.0 程序编制和验证	442
17.2.7 叠层橡胶垫隔震结构实例计算与分析	450
17.3 变刚度钢管混凝土短柱隔震技术	462
17.3.1 引言	462
17.3.2 程序 HBTA 2.5 功能简介	464

17.3.3	变刚度钢管混凝土单柱隔震装置的恢复力模型	465
17.3.4	变刚度钢管混凝土双柱隔震装置的恢复力模型	470
17.3.5	程序 HBTA 2.5 的编制和验证	473
17.3.6	钢管混凝土单柱隔震结构弹塑性动力计算与分析	479
17.3.7	钢管混凝土双柱隔震结构弹塑性动力计算与分析	490
17.3.8	17.3 节结果分析及结论	498
第 18 章	消能减震结构空间弹塑性动力分析程序 HBTA 3.0 的编制原理简介	499
18.1	建筑结构减震控制,消能减震技术的发展	499
18.1.1	建筑结构减震控制	499
18.1.2	消能减震技术的发展	500
18.1.3	消能减震结构的动力分析方法	502
18.1.4	国内外消能减震结构动力分析程序简介	504
18.2	程序 HBTA 3.0 功能及程序流程简介	505
18.2.1	程序 HBTA 3.0 功能简介	505
18.2.2	程序流程简介	506
18.3	加劲阻尼减震结构的非线性地震反应分析	507
18.3.1	加劲阻尼器的弹塑性恢复力模型	507
18.3.2	加劲阻尼器斜支撑的恢复力模型	509
18.3.3	加劲阻尼装置的单元刚度矩阵	510
18.3.4	加劲阻尼减震结构的动力分析方法	513
18.3.5	【例 18-1】	515
18.4	粘弹性阻尼器减震结构的非线性地震反应分析	518
18.4.1	粘弹性阻尼器的分析模型	518
18.4.2	粘弹性阻尼器采用等效模型的动力分析	521
18.4.3	粘弹性阻尼器采用有限元模型的动力分析	525
18.4.4	程序验证与算例	529
18.5	粘滞阻尼器减震结构的非线性地震反应分析	535
18.5.1	粘滞阻尼器的分析模型	536
18.5.2	粘滞阻尼器斜支撑的单元阻尼力向量	537
18.5.3	粘滞阻尼器减震结构的动力平衡方程	538
18.5.4	粘滞阻尼器减震结构的附加阻尼矩阵	538
18.5.5	粘滞阻尼器减震结构动力平衡方程的求解	539
18.5.6	程序验证与算例	540
18.6	消能减震结构地震反应的能量分析	552

18.6.1 消能减震结构的能量表达	552
18.6.2 【例 18-4】	555
18.7 本章小结	559
附录 考虑双向弯曲与轴压相互耦合的梁柱单元刚度矩阵	560
参考文献	567
第 11~14 章参考文献	567
第 15 章参考文献	568
第 16 章参考文献	569
第 17 章参考文献	570
第 18 章参考文献	572

第 11 章 高层建筑筒体结构的计算(续篇)

第 8 章筒体结构的计算和设计中,已经介绍了框筒和筒中筒结构在水平和扭转荷载下的等效平面法,框筒结构在水平和扭转荷载下的等效连续体法,筒中筒结构在水平和扭转荷载下的等效连续体-力法,及筒体结构设计和构造等问题。框筒和筒中筒的计算方法很多,本章将补充介绍第 8 章中没有介绍的另外一些计算方法:框筒结构在水平荷载下的等代角柱法,筒中筒结构在水平荷载下的连续体-微分方程法,框筒和筒中筒结构在扭转荷载下的微分方程法,变截面筒中筒结构在水平荷载和扭转荷载下的计算方法,多边形筒体结构在水平荷载下的计算方法,多孔束筒结构的计算方法等。在通用算法中,第 12 章将介绍的有限条分析法,也是筒体结构计算的一种常用方法。

11.1 框筒结构在水平荷载下的等代角柱法

11.1.1 计算简图和计算方法

框筒结构是由高梁密柱组成的空间框架,按空间框架计算太复杂,本节介绍一种矩形平面的框筒结构在水平荷载下的近似算法。平面形状为矩形的框筒结构,在水平荷载下,角柱起着重要的作用。图 11-1(a)为框筒结构受水平荷载作用的示意图。沿荷载方向的腹板框架在水平力的作用下,其角柱产生轴力、剪力和弯矩。此剪力和弯矩对垂直荷载方向的翼缘框架是出平面的影响,可忽略不计;此轴力将使角柱产生轴向变形,带动整个翼缘框架在其平面内产生变形和内力,从而使翼缘框架在整个框筒结构中参与工作。这种把腹板框架和翼缘框架作为一个共同工作的整体(考虑了两者间在角柱处的竖向协调,并互相传递竖向力)的计算方法,已不是协同工作的计算方法(见 8.1 节),但也不是完全的空间计算方法,而是一种考虑了部分空间特性的简化算法。

等代角柱法用一个等代角柱来代替原来的角柱与翼缘框架的作用,得到一个能代替原框筒结构作用的等效平面框架(见图 11-1(b)),从而使框筒的计算问题变成平面框架的计算问题。

本法的关键是找到每层的恰当的等代角柱截面。选取等代角柱的原则是:等代以后角柱的轴向变形与等代以前角柱的轴向变形相等,即图 11-1(b)中角柱的轴向变形与原框筒图 11-1(a)中角柱的轴向变形相等。如框筒第 j 层原角柱面积为 A_c ,所受轴力为 N_i ;等代角柱的截面积为 $\bar{A}_{c_j}$,所受轴力为 $\sum N_i$ 。这里,等代角柱代替了半槓翼缘框架的作用。每层角柱和等代角柱的轴向变形为

$$\bar{\delta} = \frac{N_i h}{E \bar{A}_{c_j}}$$

$$\bar{\delta} = \frac{\sum N_i h}{EA_{c_j}}$$

式中: $\sum N_i = N_1 + N_2 + \dots$ ——半个翼缘框架柱轴力之和;

$N_1, N_2, N_3, \dots$ ——翼缘框架各柱轴力;

h ——层高。

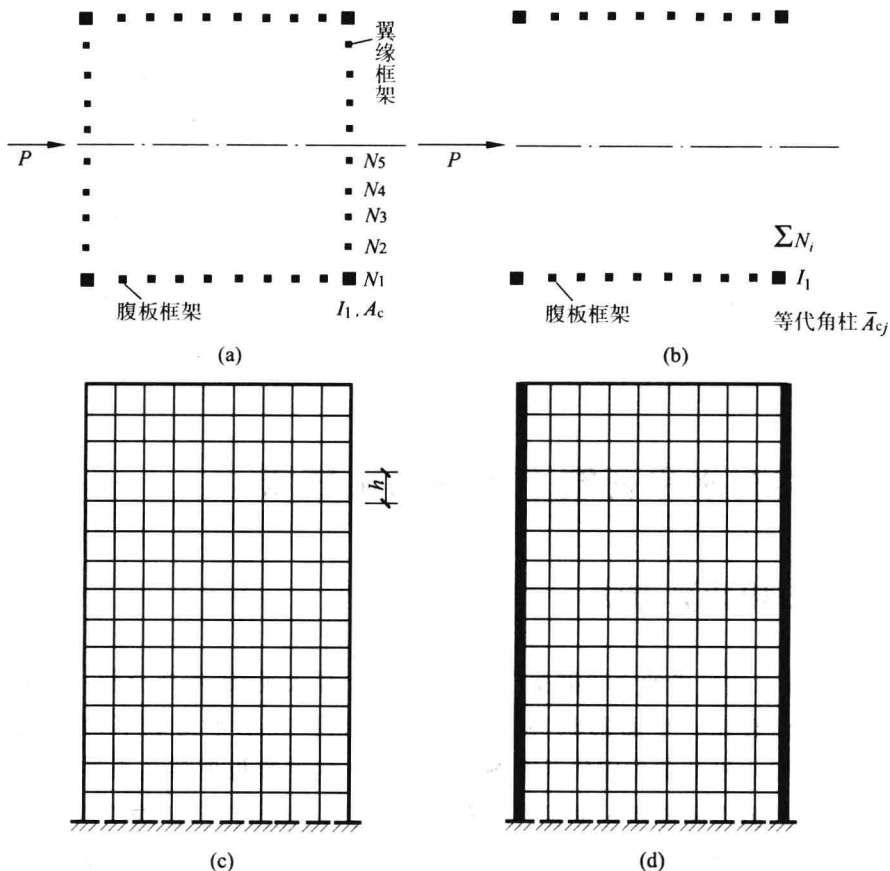


图 11-1 原框筒与等效平面框架

由 $\delta = \bar{\delta}$, 可得

$$\bar{A}_{c_j} = \frac{\sum N_i}{N_1} A_c = \beta A_c$$

式中

$$\beta = \frac{\sum N_i}{N_1}$$

β 为等代系数, 其数值大小反映框筒结构空间作用的强弱。

等代系数 β 值不能通过结构的几何参数直接求得, 只有在已知柱轴力后才能求出。因此, 为了实际应用的方便, 从通过电子计算机计算取得的大量典型结构的计算结果中, 寻找 β 值与结构几何参数间的关系。影响 β 的因素很多, 有角柱与翼缘框架其他柱的截面面积比, 简称角柱比; 翼缘框架梁的线刚度、层高、跨数、总宽度、

层数(总高度);及侧向荷载的分布形式等。但在众多的因素中,起主要作用的是角柱比和梁的线刚度。

文献[12]收集相当多的不同参数进行回归分析,得出了等代系数的计算公式,并绘制了 β 值曲线表,本节 11.1.2 中将给出这些曲线表,可以查用。

有了等代角柱的截面面积 $\bar{A}_c$ 后,可按平面框架计算等代腹板框架。将算得的端柱轴力作用在带有原角柱截面的翼缘框架,可求出翼缘框架中各杆的内力。对有了等代角柱轴力后,如何求翼缘框架各柱的轴力,文献[12]制作了数表,见表 11-1,可以查用。

11.1.2 图表的制作和使用

1. β 值图表

通过对大量不同几何参数的平面框架(翼缘框架)和空间框架进行电子计算机计算结果,绘制成 β 值曲线,见图 11-2。

制作曲线时,不同几何参数的取值范围如下。

角柱比

$$C_n = \frac{A_c}{A} \quad (11-1)$$

式中: A_c ——角柱截面面积;

A ——翼缘框架其他柱的截面面积。

C_n 取 1, 1.5, 2.0, 3.0; 梁跨度 l 取 2.00m, 2.50m, 3.00m, 3.50m, 4.00m; 梁截面尺寸 b 取 0.25~0.45m, h_b 取 0.80~2.50m; 层高 h 取 3.0~4.5m; 层数 n 取 20~100 层。

对以上几何参数组成的框架,经过计算,制成以角柱比 C_n 与梁的线刚度 i 为主要参数的 β 值曲线,如图 11-2 所示。当 C_n 值介于图中数值之间时,可用插入法求 β 值。

图 11-2 中的 β 值曲线是按层数为 25、层高为 3.0m 制成。 β 值是随层数而变的,几何参数相同的框筒结构,层数越多, β 值越大。图 11-3 所示为 β 与层数关系的曲线。由图中可见,层数在 30 以下时, β 值变化较大;层数在 50 以上时, β 值变化很小。

图 11-4 是 β 值的层数修正值曲线,它给出各种层数的 β_n 值与层数为 25 时的 β_{25} 值间的差值,即 $\beta_n - \beta_{25}$ 。由此图查得 β 值的层数修正值后,与 β_{25} 相加,即为所需的 β_n 值。例如: $\beta_{20} = \beta_{25} - 0.3$, $\beta_{30} = \beta_{25} + 0.22$ 。20 层以下可均按 20 层计算。当层高不为 3m 时,可用建筑物总高除以 3m 折算

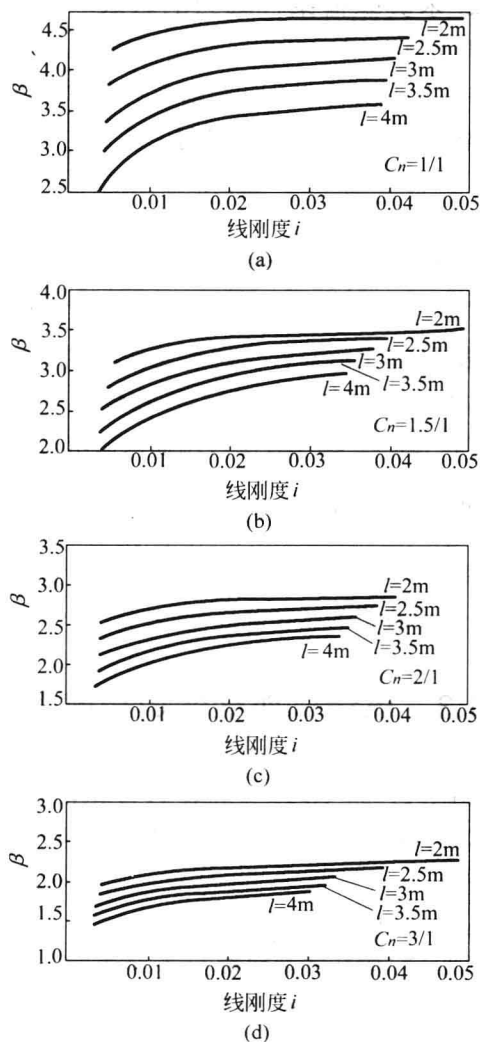


图 11-2 β 值曲线