

Gangjin Hunningtu Jiegou Sheji Yuanli

# 钢筋混凝土结构设计原理

〔联邦德国〕 F.莱昂哈特 E.门希 著  
程积高 程 鹏 译  
朱振德 校

人 民 交 通 出 版 社

Gangjin Hunningtu Jiegou Sheji Yuanli

# 钢筋混凝土结构设计原理

〔联邦德国〕 F.莱昂哈特 E.门希 著  
程积高 程 鹏 译  
朱振德 校

人 民 交 通 出 版 社

(京)新登字091号

## 内 容 提 要

本书为一套6册《钢筋混凝土结构教程》中的第一册。专门论述混凝土和钢筋这两种建筑材料的一般知识以及钢筋混凝土在各种荷载作用下的承载性能,设计原理和计算方法。可供从事土木工程及各种结构工程技术人员及有关院校师生参考之用。

### Grundlagen zur Bemessung im Stahlbetonbau (Teil 1, Dritte Auflage)

Fritz Leonhardt  
Springer-Verlag 1984

### 钢筋混凝土结构设计原理

程积高 程 鹏 译

朱振德 校

正文设计: 周 元 责任校对: 戴瑞萍

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 850×1168 $\frac{1}{32}$  印张: 15.25 字数: 390 千

1991年11月 第1版

1991年11月 第1版 第1次印刷

印数: 0001-3000 册 定价: 15.00元

ISBN7-114-00959-3

U·00618

# 序 言

如果通过学习力学和材料力学对外力在承重结构中引起的各种内力及由此产生的应力已具有清楚的概念，则学会钢筋混凝土和预应力混凝土的设计原理一般是比较容易的。设计钢筋混凝土遇到的一个稍有困难的问题在于，必须考虑荷载作用下钢筋和混凝土这两种复合材料的共同作用和非线性性能。本教程将力求讲清楚这个问题，特别是混凝土中由于裂缝形成所引起的这些非线性过程。

本书前三章简要地论述了从事实际工作的工程师们经常用到的有关混凝土和钢筋这两种建筑材料的一般知识，然后专列第四章讨论复合材料和粘结问题（包括裂缝问题）。为了说明承载能力受到限制的原因，所以第五章定性地讨论了各种荷载作用下的承载性能。第六章扼要地论述了设计原理及承载能力和使用性所要求的安全度。

本书其后几章讨论在各种荷载作用下按极限荷载进行承载能力的设计，亦即在推导所有设计公式时完全不同于过去常用的使用荷载容许应力的原理，尽管这种原理还部分地保留在DIN1045（1972年版）中。另一方面，DIN1045的设计乃是建立于极限荷载法的原理，这种设计方法已被CEB（欧洲混凝土委员会）定为将来统一的欧洲建筑规程。除了阐述这种设计的理论原理以外，还推导了实用的设计表，这些表可查DIN4224。

作者从1957年开始教学工作以来，一直在使用这份几经修改的讲义稿，近年又把它重印交大学生们讨论，并以口授的方式进行了修改。鉴于别的学院的学生和从事实际工作的工程师经常要求复印这份讲义，因此我们决定通过书店向技术界提供。

在重印修订本书时，K.H.莱因艾克工学士对本书内容进行

了系统编排。研究所的所有同事们为考虑国内外专业文献的最新水平尽了力。在引用的文献中，除一些经典的以外，仅限于最新论文。象本书这种只讲原理的教程不可能编入一些专门化的知识，为此列出了这方面的文献，以便愿意深化这些专门问题的学生至少能找到索引。

作者在此对 I. 帕希特 (Paechter) 夫人、V. 詹德尔 (Zander) 夫人、H. 舍费特 (Seyfert) 先生和其他同事们在打字、审查文字和画图方面的诸多操劳谨表谢忱。为了资助读者学习，出版社宣布以优惠价格出售本教程的六个分册，作者在此特表谢意。

F. 莱昂哈特

E. 门尼希 (Mönnig)

1972年秋于斯图加特

## 第三版序言

这套“红皮教程”已成为颇受欢迎的教科书和参考书，并被译成七种文字。但现在是使它达到最新水平，特别是采用标准国际单位制的时候了。此外，有必要把第二册中的轻混凝土一章编入本册。

可惜我们大学的大体积结构研究所早在几年前就不承担这项修订工作。艾杜阿德·崔布林(Eduard Züblin)公司的V.汗(Hahn)教授首先答应给予帮助。我工程事务所的合作者H.法克勒(Falkner)博士组织了修订工作。前四章由G.雷姆(Rehm)教授的同事H.狄特勒(Dieterle)博士、H.马丁(Martin)博士和D.卢斯乌尔姆(Rußwurm)三人负责修订；其余各章则由本事务所的H.狄特勒博士和H.什尔文(Schellwien)工学士修订，什尔文还负责协调工作。崔布林公司的H.山巴赫(Schanbach)夫人、我事务所的U.舍伯特(Siebert)夫人和已退休的I.帕希特(Paechter)夫人负责打字。奥托-格拉夫研究所(Otto-Graf-Institut)的泽克(Zekl)先生负责修订插图。

作者对出版社继续把本书纳入它的出版计划表示感谢，并希望第三版又对广大读者大有裨益。

**F.莱昂哈特**

1983年11月于斯图加特

## 中文版前言

《钢筋混凝土结构教程》是作者在斯图加特大学将近二十年教学工作的成果。这所大学曾经是颇负盛名的艾米尔·莫尔斯(Eimil、Mörsch)教授和奥托·格拉夫(Otto·Graf)教授从事混凝土建筑研究和教学的场所。本教程还吸收了斯图加特许多研究所几十年的研究成果,并经欧洲混凝土委员会学术界富有成果的讨论而丰富了内容。

此外,本教程还包括了作者五十多年来在设计和施工许多钢筋混凝土和预应力混凝土建筑物(其中有一部分是难度大而新颖的建筑物)所积累的实际经验。因此,它不但适用于学生学习,而且也有助于从事实际工作的工程师解决各种问题。

本教程已译成各种文字,并在土木界广为流传。作者对本教程全套六册译成中文表示十分欢迎,并希望它对中国同行有所帮助。在未来的几十年中,伟大的中国为了人民的幸福将进行大规模的建设,其中,混凝土建筑材料将起突出的作用。但是只有可靠地应用迄今为止的老经验和精心设计以及优质施工的新知识,才有可能期待建筑物具有长时间的良好性能。

技术在不断地发展,新知识在不断地出现。有些方面中国不同于欧洲,因此,中国同行似应经常审查:是否中国在有些方面已经取得了更新的知识。

作者向中国同行致意,并祝你们在使用本教程时取得良好的效果。

**F.莱昂哈特**

1986年于斯图加特

# VORWORT ZUR CHINESISCHEN AUSGABE

Die „Vorlesungen über Massivbau“ sind das Ergebnis einer fast 20-jährigen Lehrtätigkeit an der Universität stuttgart, an der die für das Bauen mit Beton so berühmten Professoren Emil Mörsch und Otto Graf geforscht und gelehrt haben. Die „Vorlesungen“ bauen auf den Ergebnissen jahrzehntelanger experimenteller Forschungsarbeiten in Stuttgart und an vielen anderen Instituten auf. Sie wurden durch die fruchtbaren Diskussionen im Rahmen des Comité Euro-International du Béton (CEB) bereichert. Dem Verfasser standen außerdem die Erfahrungen einer über 50-jährigen Tätigkeit in der Praxis beim Entwerfen, Konstruieren und Bauen vieler zum Teil schwieriger und neuartiger Bauwerke aus Stahlbeton und Spannbeton zur Verfügung. So dienen diese „Vorlesungen“ nicht nur den Studenten zum Lernen, sondern auch den in der Praxis stehenden Ingenieuren zur Lösung ihrer Probleme.

Die „Vorlesungen“ wurden in viele Sprachen übersetzt und sind daher in der Fachwelt weit verbreitet. Der Verfasser begrüßt es sehr, daß nun auch eine chinesische Übersetzung der sechs Bände vorliegt und hofft, daß sie seinen chinesischen Kollegen eine gute Hilfe



sein werden. Im großen Reich der Mitte wird zum Wohl des chinesischen Volkes in den nächsten Jahrzehnten viel zu bauen sein, und der Baustoff Beton wird dabei eine überragende Rolle spielen. Die Erwartungen an gutes Verhalten über lange Zeiten werden jedoch nur erfüllt, wenn die nunmehr über hundert Jahre alten Erfahrungen und die heutigen Kenntnisse für einwandfreies Entwerfen und Konstruieren sowie für gute Qualität der Bauausführung zuverlässig genutzt werden.

In der Technik bleibt die Entwicklung nicht stehen. Neue Erkenntnisse wachsen ständig nach. Manches mag in China anders sein als in Europa. Die chinesischen Kollegen sollten daher ständig prüfen, ob nicht in einigen Fällen schon besseres Wissen erreicht ist.

Der Verfasser grüßt seine chinesischen Kollegen und wünscht ihnen gute Erfolge bei der Nutzung dieser "Vorlesungen".

*Fritz Leonhardt.*

Stuttgart, im Juni 1986

Leo/Si

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 符号 .....                     | 1  |
| 1. 概论 .....                  | 9  |
| 2. 混凝土 .....                 | 11 |
| 2.1 水泥 .....                 | 12 |
| 2.1.1 按 DIN1164分类的标准水泥 ..... | 12 |
| 2.1.2 水泥的选择 .....            | 13 |
| 2.1.3 特种水泥 .....             | 13 |
| 2.2 普通混凝土的骨料 .....           | 14 |
| 2.2.1 混凝土骨料的分类 .....         | 14 |
| 2.2.2 骨料的级配 .....            | 14 |
| 2.3 拌和水 .....                | 16 |
| 2.4 混凝土的添加物 .....            | 16 |
| 2.5 新拌混凝土 .....              | 17 |
| 2.5.1 混凝土的配合比 .....          | 17 |
| 2.5.2 新拌混凝土的性能 .....         | 19 |
| 2.6 影响混凝土硬化的因素 .....         | 21 |
| 2.6.1 水泥种类 .....             | 21 |
| 2.6.2 温度和成熟度 .....           | 21 |
| 2.6.3 蒸汽养护 .....             | 23 |
| 2.6.4 再捣实 .....              | 23 |
| 2.6.5 养护 .....               | 23 |
| 2.6.6 在高温和低温下灌筑混凝土 .....     | 23 |
| 2.7 拆模期 .....                | 25 |
| 2.8 硬化混凝土的强度 .....           | 26 |
| 2.8.1 抗压强度 .....             | 26 |

- 2.8.2 抗拉强度 .....38
- 2.8.3 多向受力时的强度 .....41
- 2.8.4 抗剪、抗冲切和抗扭强度 .....42
- 2.9 混凝土的变形 .....42
  - 2.9.1 弹性变形 .....43
  - 2.9.2 与时间有关的塑性变形 .....46
  - 2.9.3 与时间有关的变形 .....48
- 2.10 混凝土的化学侵蚀.....60
  - 2.10.1 混凝土的侵蚀.....60
  - 2.10.2 碳化作用.....61
- 2.11 混凝土的耐久性.....64
- 2.12 承重结构用的轻混凝土.....64
  - 2.12.1 概述及轻混凝土的种类.....64
  - 2.12.2 承重结构轻混凝土的骨料和级配.....66
  - 2.12.3 轻混凝土的力流.....71
  - 2.12.4 轻混凝土标号.....71
  - 2.12.5 轻混凝土与普通混凝土的特性的主要区别.....72
  - 2.12.6 轻混凝土承重结构的经济性.....82
  - 2.12.7 应用.....82
- 2.13 特殊用途的混凝土.....83
- 3. 混凝土钢筋.....91
  - 3.1 概述 .....91
  - 3.2 钢筋种类 .....91
  - 3.3 钢筋的制造 .....95
  - 3.4 钢筋的标记 .....95
  - 3.5 钢筋的性能 .....97
    - 3.5.1 概述 .....97
    - 3.5.2 钢筋的规格范围 .....97
    - 3.5.3 钢筋的截面 .....97
    - 3.5.4 单向受力（拉力或压力）的特点 .....98

|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 3.5.5 | 弯曲 .....             | 100 |
| 3.5.6 | 疲劳强度 .....           | 101 |
| 3.5.7 | 焊接 .....             | 102 |
| 3.5.8 | 钢筋的表面形状(粘结力) .....   | 105 |
| 3.5.9 | 锈蚀 .....             | 107 |
| 3.6   | 特殊条件下的钢筋性能 .....     | 108 |
| 3.6.1 | 提高荷载速度的影响 .....      | 108 |
| 3.6.2 | 低温下的钢筋性能 .....       | 109 |
| 3.6.3 | 高温下的钢筋性能 .....       | 110 |
| 3.7   | 特殊问题 .....           | 111 |
| 3.7.1 | 钢筋的加工 .....          | 111 |
| 3.7.2 | 机械损伤 .....           | 111 |
| 3.8   | 防锈蚀的钢筋 .....         | 111 |
| 3.9   | 钢筋的供应 .....          | 112 |
| 4.    | 钢筋混凝土复合材料 .....      | 113 |
| 4.1   | 钢筋和混凝土的共同作用 .....    | 113 |
| 4.1.1 | 钢筋混凝土受拉杆的粘结 .....    | 113 |
| 4.1.2 | 钢筋混凝土梁的粘结 .....      | 116 |
| 4.1.3 | 承重结构中产生粘结应力的原因 ..... | 118 |
| 4.2   | 粘结作用 .....           | 119 |
| 4.2.1 | 粘结作用的种类 .....        | 119 |
| 4.2.2 | 粘结的变形规律 .....        | 122 |
| 4.2.3 | 粘结刚度和粘结强度 .....      | 124 |
| 4.3   | 锚固件上的粘结规律 .....      | 130 |
| 4.3.1 | 弯钩的拔出试验 .....        | 130 |
| 4.3.2 | 有焊接横筋的钢筋的拔出试验 .....  | 132 |
| 4.4   | 粘结的计算 .....          | 133 |
| 4.4.1 | 概述 .....             | 133 |
| 4.4.2 | 按 DIN1045 计算粘结 ..... | 133 |
| 5.    | 钢筋混凝土承重结构的承载性能 ..... | 135 |

|       |                                 |     |
|-------|---------------------------------|-----|
| 5.1   | 受弯和受剪的单跨钢筋混凝土梁 .....            | 135 |
| 5.1.1 | 承载性能和状态 .....                   | 135 |
| 5.1.2 | 纯弯时的承载性能 .....                  | 142 |
| 5.1.3 | 受弯加受剪时的承载性能 .....               | 144 |
| 5.2   | 钢筋混凝土连续梁 .....                  | 149 |
| 5.3   | 受扭构件 .....                      | 151 |
| 5.3.1 | 纯扭 .....                        | 151 |
| 5.3.2 | 受扭加受剪和受弯 .....                  | 152 |
| 5.4   | 柱和其他受压构件 .....                  | 152 |
| 5.5   | 钢筋混凝土板 .....                    | 154 |
| 5.5.1 | 单向钢筋混凝土板 .....                  | 154 |
| 5.5.2 | 双向配筋混凝土板 .....                  | 156 |
| 5.5.3 | 点支承的钢筋混凝土板 .....                | 159 |
| 5.6   | 平板和深梁 .....                     | 159 |
| 5.7   | 折板结构 .....                      | 161 |
| 5.8   | 薄壳 .....                        | 162 |
| 5.9   | 钢筋混凝土结构在特殊荷载作用下的承载性能 .....      | 163 |
| 5.9.1 | 荷载的传入 .....                     | 163 |
| 5.9.2 | 温度影响 .....                      | 164 |
| 5.9.3 | 防火 .....                        | 165 |
| 5.9.4 | 混凝土的收缩 .....                    | 166 |
| 5.9.5 | 混凝土的徐变 .....                    | 166 |
| 5.9.6 | 振动和冲击下的性能 .....                 | 167 |
| 5.9.7 | 地震作用下的性能 .....                  | 167 |
| 5.9.8 | 低温和冲击荷载作用下的钢筋混凝土构<br>件的性能 ..... | 168 |
| 6.    | 安全验算的原理 .....                   | 169 |
| 6.1   | 原则 .....                        | 169 |
| 6.1.1 | 目的 .....                        | 169 |
| 6.1.2 | 荷载 .....                        | 169 |

|       |                                              |     |
|-------|----------------------------------------------|-----|
| 6.1.3 | 荷载极限, 极限状态 .....                             | 170 |
| 6.2   | 保证安全度的计算方法 .....                             | 171 |
| 6.2.1 | 容许应力算法 .....                                 | 171 |
| 6.2.2 | 与极限状态有关的算法 .....                             | 172 |
| 6.2.3 | 以概率论为基础的算法 .....                             | 172 |
| 6.3   | 安全系数 .....                                   | 173 |
| 6.3.1 | 承载能力和稳定性的安全度 .....                           | 173 |
| 6.3.2 | 防止丧失使用能力 .....                               | 175 |
| 6.4   | 承重结构的设计 .....                                | 176 |
| 6.4.1 | 设计的基本思想 .....                                | 176 |
| 6.4.2 | 设计过程 .....                                   | 176 |
| 6.4.3 | 各种内力的计算 .....                                | 177 |
| 6.4.4 | 状态 I 和状态 II 的刚度比对超静定结构内力<br>的影响 .....        | 178 |
| 6.4.5 | 对几种常用算法的评述 .....                             | 179 |
| 7.    | 弯曲带纵向力的设计 .....                              | 180 |
| 7.1   | 设计基本原理 .....                                 | 180 |
| 7.1.1 | 设计原则 .....                                   | 180 |
| 7.1.2 | 材料强度的计算值和应力应变曲线 .....                        | 181 |
| 7.1.3 | 破坏类型、应变分布和安全系数的大小 .....                      | 186 |
| 7.1.4 | 截面力和平衡条件 .....                               | 190 |
| 7.2   | 带矩形混凝土受压区的截面设计 .....                         | 200 |
| 7.2.1 | 概述 .....                                     | 200 |
| 7.2.2 | 受弯带大偏心纵向力 (中和轴位于横截面的<br>上部) 的设计 .....        | 201 |
| 7.2.3 | 在受弯带中或小偏心纵向力 (中和轴分别<br>位于截面下方和外面) 时的设计 ..... | 220 |
| 7.2.4 | 矩形截面的通用辅助设计图 (相互作用图) .....                   | 232 |
| 7.3   | 非矩形混凝土受压区的截面设计 .....                         | 234 |
| 7.3.1 | 概述 .....                                     | 234 |

|       |                                     |     |
|-------|-------------------------------------|-----|
| 7.3.2 | T 形梁的有效宽度 .....                     | 234 |
| 7.3.3 | T 形梁的设计 .....                       | 240 |
| 7.3.4 | 任意形状的混凝土受压区的设计 .....                | 249 |
| 7.4   | 配螺旋筋以防止压曲危险的受压构件的设计 .....           | 264 |
| 7.5   | 受弯时的最小配筋率 .....                     | 270 |
| 7.6   | 无筋混凝土截面的设计 .....                    | 272 |
| 8.    | 剪力的计算 .....                         | 275 |
| 8.1   | 剪力计算原理 .....                        | 275 |
| 8.2   | 匀质承重结构的主应力 (状态 I) .....             | 276 |
| 8.2.1 | 匀质截面剪应力的计算(状态 I 的钢筋混凝土<br>截面) ..... | 276 |
| 8.2.2 | 匀质截面主应力的计算 .....                    | 278 |
| 8.3   | 开裂后梁腹内的力和应力 (状态 II) .....           | 281 |
| 8.3.1 | E.莫尔斯的经典桁架比拟法 .....                 | 281 |
| 8.3.2 | 莫尔斯桁架的力和应力的计算 .....                 | 282 |
| 8.3.3 | 状态II时梁腹剪应力 $\tau_0$ 的计算值 .....      | 288 |
| 8.4   | 梁腹的抗剪能力 .....                       | 289 |
| 8.4.1 | 剪切破坏的种类 .....                       | 289 |
| 8.4.2 | 对抗剪能力的影响 .....                      | 291 |
| 8.4.3 | 改进的桁架比拟法 .....                      | 305 |
| 8.5   | 梁腹的剪力筋设计 .....                      | 307 |
| 8.5.1 | 原则和概念 .....                         | 307 |
| 8.5.2 | 按莫尔斯法全剪力包络进行梁腹配筋设计 .....            | 308 |
| 8.5.3 | 用折减剪力包络的梁腹配筋设计 .....                | 309 |
| 8.5.4 | 按 DIN1045设计 .....                   | 316 |
| 8.6   | 特殊情况的剪力计算 .....                     | 319 |
| 8.6.1 | 弦杆的连接钢筋 .....                       | 319 |
| 8.6.2 | 高度变化的钢筋混凝土梁 .....                   | 326 |
| 8.6.3 | 在剪力计算时对纵向力的考虑 .....                 | 330 |
| 9.    | 抗扭设计 .....                          | 333 |

|        |                                        |     |
|--------|----------------------------------------|-----|
| 9.1    | 原理 .....                               | 333 |
| 9.2    | 匀质承重结构纯扭时的主应力(状态 I) .....              | 336 |
| 9.2.1  | 戴圣维南扭转 .....                           | 336 |
| 9.2.2  | 对截面带有面弯扭约束的扭转的若干面弯<br>扭说明 .....        | 342 |
| 9.3    | 钢筋混凝土结构受纯扭时 (状态II)的力和应力 .....          | 345 |
| 9.3.1  | 纯扭的桁架比拟法 .....                         | 345 |
| 9.3.2  | 桁架空箱梁的力和应力 .....                       | 347 |
| 9.3.3  | 状态II 扭转剪切应力的计算值 .....                  | 351 |
| 9.4    | 纯扭时钢筋混凝土承重结构的承载性能 .....                | 354 |
| 9.4.1  | E.莫尔斯于1904年和 1921 年所作的古典扭转<br>试验 ..... | 354 |
| 9.4.2  | 扭转-受拉破坏(钢筋失效) .....                    | 356 |
| 9.4.3  | 扭转-受压破坏(混凝土受压腹杆失效) .....               | 358 |
| 9.4.4  | 拐角脱落 .....                             | 358 |
| 9.4.5  | 锚固破坏 .....                             | 359 |
| 9.5    | 纯扭钢筋混凝土承重结构的设计 .....                   | 359 |
| 9.5.1  | 纯扭的设计建议 .....                          | 359 |
| 9.5.2  | 按 DIN1045进行纯扭设计 .....                  | 362 |
| 9.6    | 有剪力和(或)弯矩时的受扭设计 .....                  | 362 |
| 9.6.1  | 破坏模型和试验结果 .....                        | 362 |
| 9.6.2  | 扭力与别的荷载组合时的简化设计 .....                  | 364 |
| 9.6.3  | 按 DIN1045进行扭力和剪力筋设计 .....              | 366 |
| 10.    | 钢筋混凝土受压构件的设计 .....                     | 367 |
| 10.1   | 受压构件的稳定性 .....                         | 367 |
| 10.1.1 | 变形的影响, II 阶理论 .....                    | 367 |
| 10.1.2 | 稳定性和应力问题 .....                         | 368 |
| 10.2   | 细长钢筋混凝土受压构件的承载能力 .....                 | 370 |
| 10.2.1 | 细长钢筋混凝土受压构件问题的提出 .....                 | 370 |
| 10.2.2 | 影响钢筋混凝土受压构件承载能力的因素 .....               | 372 |



|        |                                                       |     |
|--------|-------------------------------------------------------|-----|
| 10.3   | 细长受压构件按II阶理论验算承载能力                                    | 377 |
| 10.3.1 | 概述                                                    | 377 |
| 10.3.2 | 关于安全系数的考虑                                             | 378 |
| 10.3.3 | 矩形钢筋混凝土截面曲率关系式的推导                                     | 379 |
| 10.3.4 | 按 II阶理论验算承载能力                                         | 388 |
| 10.4   | 等效构件法及相应压曲长度的确定                                       | 393 |
| 10.4.1 | 等效构件法                                                 | 393 |
| 10.4.2 | 等效构件法用的压曲长度                                           | 394 |
| 10.5   | 按 DIN1045验算压曲安全度                                      | 405 |
| 10.5.1 | 概述                                                    | 405 |
| 10.5.2 | 基本规定                                                  | 406 |
| 10.5.3 | 具有中等细长比 ( $20 < \lambda \leq 70$ ) 和等截面的<br>受压构件的简化验算 | 407 |
| 10.5.4 | 对细长受压构件 ( $\lambda > 70$ ) 简化的压曲<br>安全验算              | 410 |
| 10.5.5 | 构造要求                                                  | 419 |
| 10.6   | 特殊情况的压曲安全验算                                           | 420 |
| 10.6.1 | 压力两向偏心时的压曲安全                                          | 420 |
| 10.6.2 | 框架式总系统的稳定性验算                                          | 426 |
| 10.6.3 | 柱子缠绕螺旋筋时的压曲安全验算                                       | 427 |
| 10.7   | 细长的无筋混凝土受压构件的承载能力                                     | 428 |
| 10.7.1 | 无筋混凝土受压构件的承载性能                                        | 428 |
| 10.7.2 | 按 DIN1045设计细长无筋混凝土受压构件                                | 430 |
| 11.    | 轻混凝土构件和钢筋轻混凝土构件的设计                                    | 431 |
| 11.1   | 对轻混凝土和普通混凝土采用不同设计方法的<br>理由                            | 431 |
| 11.2   | 弯曲、弯曲带纵向力和只有纵向力时的设计                                   | 431 |
| 11.3   | 剪力和扭力筋的设计                                             | 433 |
| 11.3.1 | 剪切应力的基本值 $\tau_0$                                     | 433 |
| 11.3.2 | 剪切配筋的设计                                               | 435 |