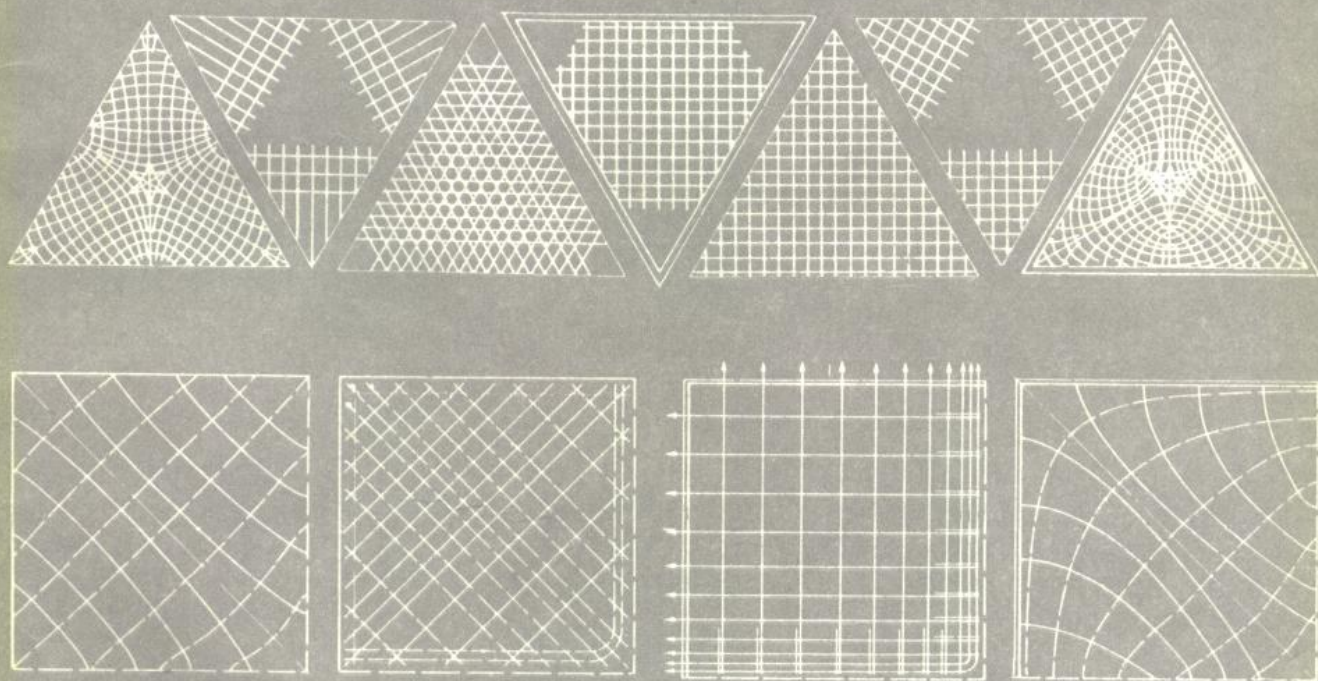


钢筋混凝土结构

配筋原理



〔西德〕F. 莱昂哈特 E. 门尼希著 程积高译

水利电力出版社

钢筋混凝土结构配筋原理

[西德]F.莱昂哈特 E.门尼希著

程 积 高 译

水利电力出版社

内 容 提 要

本书详细介绍了各种梁、板、柱、框架、牛腿、基础等钢筋混凝土构件的受力特点、传力途径和配筋方式。除介绍一般常用构件外,还论述了圆形板、三角形板、环形板、深梁、框架拐角等配筋问题。全书插图清晰易懂,指出了哪些是合理配筋,哪些是不合理配筋。

本书可供土建设计、科研人员及大专院校有关专业师生参考。

F. Leonhardt und E. Mönnig

Grundlagen zum Bewehren im Stahlbetonbau Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1977

钢筋混凝土结构配筋原理

[西德]F.莱昂哈特 E.门尼希著

程积高 译

责任编辑 蒋仁敏

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 14印张 312千字

1984年8月第一版 1984年8月北京第一次印刷

印数 00001—50140册 定价 1.75元

书号 15143·5405

译 者 的 话

本书作者是西德斯图加特大学大体积结构研究所教授、工程博士，长期从事教学和科研工作，著有《钢筋混凝土结构教程》共六册。第一册《钢筋混凝土结构设计原理》、第二册《特殊钢筋混凝土构件设计》、第三册《钢筋混凝土结构配筋原理》、第四册《钢筋混凝土结构裂缝与变形的验算》、第五册《预应力混凝土》、第六册《钢筋混凝土桥梁建筑》。水利电力出版社已组织翻译出版了其中第二、三、四册。本书是第三册，专门论述钢筋混凝土的配筋原理，内容丰富，取材新颖，着重剖析了结构内部的传力途径，是一本有价值的参考书。

为方便读者，译者在正文前增加了符号说明，并删去了第一章中的冗词赘字。其他则一律按原文译出。全书译完后，虽经译者仔细校对，但限于水平，错误之处，犹恐难免，恳求读者指正。

何蓬江高级工程师对全部译稿、叶秀玉同志对序言部分提出了不少改进意见，译者在此表示深切谢意。

程积高

第 一 版 序 言

本书是《钢筋混凝土结构教程》中的第三册，论述配筋原理。

欲求正确配筋，必须掌握钢筋混凝土承重结构内部的拉力分布。为了保证钢筋混凝土承重结构的承载能力和可用性，配筋必须尽量与拉力分布吻合。但由于工艺上的原因往往不能完全满足这一要求，因此工程师必须根据试验结果和经验来解决结构的稳定性问题和尽可能小的裂缝宽度问题。为此，必须了解粘结作用和锚固的规律，必须知道钢筋直径的大小、钢筋的间距、钢筋方向与主拉应力方向的偏离对裂缝宽度有哪些影响。

此外，施工时必须周密考虑钢筋和钢筋笼的加工和组合。因为在今天，配筋不必要求最少的钢筋量，而是要求省工。近年来，正是由于从工艺上考虑减少工作量而大大影响了配筋方式。这种趋势仍在继续。本书的配筋原理一方面考虑到了这种趋势，而另一方面估计会对未来的合理配筋方式产生一些影响，特别是在预制构件方面。

对所有钢筋混凝土结构来说，配筋都是一个主要的经济因素。结构的经济性在很大程度上仍取决于钢筋量的多少。所以设计工程师应力求把钢筋仅用到对结构承载能力和可用性必需的部位。

本书前六章讨论配筋的一般原则、钢筋锚固或接头的规则以及由于钢筋方向变化而引起的径向力等等。后几章讨论各种结构在不同荷载下的合理配筋并附有实例。

关于钢筋混凝土桥梁、轻混凝土、抗震和防火钢筋混凝土结构的配筋特点将在以后几册中深入讨论。

DIN1045对配筋所规定的各种条件一般都应当满足，但凡是新的试验结果与现行规程有出入的地方，都在书中以DIN1045为例作了说明。

本书的理论基础是全世界许多研究单位几十年特别是斯图加特大学近十五年来的试验结果。本书对某些特殊情况中的特殊问题仅作简要说明，并注明有关文献。这样不仅对学生传授了基础知识，而且也给从事实际工作的工程师指出了解决问题的途径。

F. 莱昂哈特 E. 门尼希

1974年5月于斯图加特

第 二 版 序 言

根据“DIN1045的补充规定(1975年4月版)”和DIN1045新编18节,对第一版的某些章节作了一些修改和补充。

F.莱昂哈特 E.门尼希

1976年2月于斯图加特

第 三 版 序 言

第二版出版以来,在工程博士G.勒姆教授领导下的委员会对DIN1045 18节进一步作了大量修改,并规定应在1977年生效,因此本版考虑了这些修改。这些修改主要涉及钢筋的锚固和接头,此外还规定将来在德国也允许用钢筋束。其次,对悬臂支座、框架拐角、楼梯拐角、短牛腿和条形基础进行试验所得的新结果也是促成修改和补充的原因。

F.莱昂哈特 E.门尼希

1977年3月于斯图加特

符 号

下面为DIN1080规定的钢筋混凝土结构常用符号(其中有些是补充符号)。

脚标符号

表示原因:

- K 徐变
- S 收缩
- t 时间、寿命
- T 温度

表示力的类型:

- B 弯曲
- D 压力
- S 剪力
- T 扭力
- Z 拉力
- Z_w 约束力

表示方向、地点:

- b 混凝土
- e 钢筋
- o 上部
- u 下部
- L 纵向配筋
- B_s 钢箍
- s 螺旋钢筋或抗剪力钢筋

其他:

- i 表示换算值
- n 净的
- R 相应于开裂荷载时的内力
- U 极限荷载或破坏荷载
- 0 t=0时的数值, 起始值
- ∞ t=∞时的值

上标符号:

- I 状态I(未开裂状态)
- II 状态II(已开裂状态)
- II₀ 纯状态II
- III 状态III(塑性状态)

主要符号

横截面特征值:

- b 矩形截面的宽度
- b₀ T形梁的梁腹宽度
- b_m T形梁的有效宽度
- d 直径、板厚、梁高、墙厚

d_s, φ 钢筋直径

d₀ T形梁的总高度

d_w F_{l,w}的有效受拉区高度

d₁ 弯曲时受拉区的高度

e 钢筋间距, 或纵向力的偏心距, $e = M/N$

e_{bs} 垂直钢箍的间距

F 截面面积

F₀ 混凝土截面面积(毛)

F_{l,w} 配筋的有效受拉区面积

F_{ls} 混凝土受拉区面积

F₁ = F₀ + (n-1)F_s, 截面的换算值

F_m = b_m · d_m, 扭转时的核心面积

F_s 混凝土截面面积(净)

F_s 受拉钢筋截面面积

F_{s,S} 抗剪钢筋或斜筋截面面积

F_{s,L} 纵向钢筋截面面积

F_{s,B} 钢箍的截面面积

f_s 单位长度的钢筋截面面积

f_{s,w} 螺旋筋的截面面积

h 受压边缘至受拉钢筋重心的距离, 有效高度, 或构件、建筑物高度

h' 受压边缘至受压钢筋重心的距离

i = √J/F, 回转半径

I 或 J 惯性矩

K 刚度

u 钢筋的周长, 或扭转时核心面积的周长
u = 2(b_m + d_m)

u 混凝土保护层

W 截面模量

x 受压边缘至中和轴的距离

z 内力臂

μ = F_s/bh, 配筋率用%表示

μ₀ = F_s/b · d, 全部混凝土横截面的配筋率

μ_s = F_s/F_{ls}, 混凝土受拉区的配筋率

μ_{s,w} = F_s/F_{l,w}, 配筋有效受拉区的配筋率

μ_{st} = (2600/σ_{st}) × √μ_s [%], 无量纲的配筋率

材料特征值:

E 弹性模量

E_b 混凝土的弹性模量

E_s 钢材的弹性模量

f_R 变形钢筋的肋纹面积

G 剪切模量

$n = E_s/E_b$, 弹模比值

$\mu = \frac{\text{横向变形}}{\text{纵向变形}}$, 横向变形系数, 泊桑比

α_T 温度膨胀系数

β_c 混凝土圆柱体抗压强度

β_z 或 β_{bz} 混凝土抗拉强度

β_p 混凝土棱柱体抗压强度

β_w 混凝土立方体抗压强度

β_s 钢筋屈服强度

$\beta_{0.2}$ 钢筋在应变为0.2%时的屈服强度

β_{r1} 钢筋和混凝土之间的粘结强度

表示荷载的符号 (大写字母表示集中荷载, 小写字母表示单位长度或单位面积上的荷载):

g, G 永久荷载, 静荷载

p, P 活荷载, 有效荷载

q 总荷载

w, W 风荷载

H 集中荷载的水平分力

V 集中荷载的垂直分力

表示内力的符号:

M 弯矩

M_b 弯曲力矩

M_r 或 T 扭矩

N 纵向力

Q 剪力

表示位移的符号:

f 挠度

v 位移

Δl 纵向伸长

ϵ 应变

ϵ_{sm} 钢筋的平均应变

ϵ_{bd} 受压区混凝土的应变

表示应力的符号:

σ 应力

$+$ 拉应力

$-$ 压应力

σ_s 或 σ'_s 受拉或受压钢筋的应力

σ_b 混凝土压应力

σ_{bt} 混凝土拉应力

σ_{Bs} 钢箍应力

σ'_s 状态I时的钢筋应力

σ''_s 状态II时在裂缝横截面处的钢筋应力

σ_{se} 裂缝之间混凝土共同作用的有效钢筋应力

τ 剪应力

τ_c 钢筋混凝土梁的计算剪应力

τ_1 混凝土和钢筋之间的粘结应力

其他符号:

a 裂缝间距

k 系数

v M/z 图上的移动量

ν 安全系数

κ 挠曲系数

η 剪力包络系数

量度单位:

1kg 质量单位

1kp = 9.81kgm/s² 力的单位 = 质量 × 重力加速度 (= 1 公斤力)

1Mp = 1000kp ≈ 1 吨

缩写符号

CEB 欧洲国际混凝土委员会

DAfstb 德国钢筋混凝土委员会

DIN 德国工业标准

B或Bn 混凝土标号

BSt 混凝土钢筋

LB 轻质混凝土

NB 普通混凝土

el 弹性的

pl 塑性的

red 折减的

konst 恒定的, 常数的

theor 理论的

vorh 实际的

zul 容许的

erf 所需的

目 录

译者的话

第一版序言

第二版序言

第三版序言

符 号

1. 设计概述	1
1.1 设计工作	1
1.2 设计所需资料	1
1.3 材料选择	2
2. 内力	3
2.1 概述	3
2.2 支承情况	3
2.3 支承长度	5
2.4 跨度	5
2.5 确定内力的原则	6
2.6 关键性的内力	10
3. 配筋概述	14
3.1 配筋的目的	14
3.2 最合理的配筋	14
3.3 钢筋的绑扎	15
3.4 钢筋直径和间距的选择	15
3.5 密集配筋	16
3.6 混凝土保护层	17
3.7 配筋的合理化	19
4. 钢筋的锚固	21
4.1 锚固区的横向拉力	21
4.2 锚固的位置	22
4.3 受拉钢筋的锚固	23
4.4 受压钢筋的锚固	35
5. 钢筋的接头	37
5.1 概述	37
5.2 直接接头	37

5.3	受拉钢筋的间接接头	41
5.4	受压钢筋的搭接接头	50
6.	由于受拉或受压钢筋方向改变而引起的径向力	51
6.1	概述	51
6.2	拐角处的受拉钢筋	51
6.3	钢筋的连续弯曲	51
6.4	与混凝土外表面平行的平面内的弯钢筋	53
6.5	弯曲或弯起曲率较大的钢筋	54
6.6	混凝土压力引起的径向力	55
7.	受弯构件的配筋	56
7.1	纵向钢筋的分段切断	56
7.2	支座上纵筋的锚固	60
7.3	弯曲受拉范围内的粘结力	63
8.	板	64
8.1	概述	64
8.2	单向板	64
8.3	双向矩形板	78
8.4	双向矩形板的留孔	93
8.5	中断支承的矩形板	94
8.6	三角形板	94
8.7	圆形板和环形板	95
9.	矩形梁和T形梁	98
9.1	概述	98
9.2	抗剪配筋的种类和选择	98
9.3	高梁腹时的纵向配筋	105
9.4	T形梁配筋的特点	106
9.5	细长单跨梁 ($l/h \geq 8$)	111
9.6	细长连续梁 ($l/h \geq 8$)	114
9.7	细长悬臂梁	114
9.8	粗短的梁 ($2 \leq l/h < 8$) 且荷载作用在支座附近	115
9.9	梁的间接荷载传递或间接支承	117
9.10	悬挂荷载	118
9.11	挑出的支座	120
9.12	梁腹上有孔的梁	123
9.13	受扭的梁	125
10.	肋形楼盖、格式楼盖和空心板	130

10.1	肋形楼盖	130
10.2	格式楼盖	131
10.3	空心板	133
10.4	其他楼盖形式	134
11.	框架拐角	136
11.1	内力分布	136
11.2	负弯矩(外部受拉)时的框架拐角	136
11.3	正弯矩(内部受拉)时的框架拐角	139
12.	深梁	150
12.1	直接支承的深梁(上部荷载)	150
12.2	有下悬荷载的深梁	154
12.3	间接支承的深梁	155
12.4	作为深梁考虑的楼板、剪力墙、行车道板	158
12.5	楼板和墙板的配筋	160
13.	牛腿	162
13.1	直接承受荷载的牛腿	162
13.2	间接承受荷载的牛腿	165
14.	受压构件	167
14.1	受压构件的配筋原则	167
14.2	钢筋混凝土柱	167
14.3	高层建筑的特殊柱子	171
14.4	柱子钢筋和楼盖钢筋的穿插	173
14.5	承重墙	173
14.6	有土压作用的地下室墙	178
15.	力的传播范围	179
15.1	原理	179
15.2	承受横向拉力的合理配筋方式	180
16.	基础	183
16.1	概述	183
16.2	墙下的条形基础	184
16.3	柱子的单独基础	188
16.4	单独柱的条形基础	198
16.5	墙下的基础板	199
16.6	单独柱的基础板	199
16.7	钢柱在混凝土基础中的锚固方式	201
16.8	桩帽	202
	参考文献	206

1.设计概述

1.1 设计工作

建筑物的设计工作一开始,建筑师和结构工程师就应当合作,因为外形和结构是密切联系在一起的。好的设计,需要有建材、力的分布、截面的选择、施工等多方面的知识,同时还需要有丰富的经验和实践。好的设计不但使用可靠,而且造型美观。

1.2 设计所需资料

设计、施工和审查单位都应具备下列资料:

建筑图、带有结构布置图的静力计算书、施工图、费用清单、特别重要部位的质量要求、施工进度计划,以及使用某些新型建筑构件时须附有专门的安全验算、试验报告和合格证。

DIN1045第3章对设计所需的“建筑技术资料”作了详细说明。

1.2.1 图纸

设计的建筑物要按比例绘出总体图:立面图、剖面图和平面图用1:100或1:200的比例,构造大样图用1:20、1:10、1:5或1:1的比例。结构布置图是为了静力计算时一目了然。

建筑施工需要如下施工图:

模板图 用1:50、1:25或1:20的比例。平面图按结构物的俯视图表示;剖面图要从混凝土结构剖开,并要注出全部必要的尺寸、高度、留孔、埋入的管道,以及建筑材料的数据、接缝的分布、密封等等。

配筋图 用1:50、1:25或1:20的比例,其大样图用1:10、1:5和1:1的比例。配筋图中要注明钢筋的形状、直径、数量、间距、位置、搭接和锚固长度、每根钢筋或每片钢筋网的详细尺寸、弯辊直径、钢筋明细表、混凝土保护层厚度、钢筋种类、混凝土配合比及标号。对于标准配筋来说,只需将这些数据列在表中,然后由计算机打印出。

预制构件的施工图 每件预制构件都要有单独的施工图,图中要注明形状、配筋、材料等级、公差尺寸、单件重量、运输起吊位置、安装说明等。

脚手架图 注明复杂模板的安装过程等等。

1.2.2 静力计算

在静力计算书中要注明承重结构中以静力学为根据的力的传递情况(例如风力的传递)。至于计算本身,则主要是验算建筑物的稳定性和构件的截面选择。对复杂情况来说,要附横截面草图和钢筋布置。此外,关于地基沉降的判断、基础的安全度以及关于变形、裂缝宽度、收缩等等可用性验算也很重要;必要时,要考虑温度、收缩和徐变的影

响。施工条件下的受力情况、脚手架和模板往往也需计算。

全部计算都必须便于校核。要列出所用的参考文献并避免采用难找到的文献内的不常用的公式。即使在几十年以后（例如改建或修缮）还能对静力计算进行查核。

1.2.3 施工说明

施工说明应规定施工缝的位置、施工顺序和步骤、对温度急剧变化的防护措施、混凝土面层的要求以及预制构件的安装过程等。

1.3 材料选择

1.3.1 混凝土标号的选择

素混凝土 标号 B_n50 、 B_n100 、 B_n150 用于受力不大的基础、墙、承重墙等； B_n150 、 B_n250 、 B_n350 则用于地下室墙、地面建筑的薄承重墙或厚的桥墩。

钢筋混凝土 标号 B_n150 用于受力小的没有腐蚀危险的简单地面建筑构件，也用于基础； B_n250 用于一般高层建筑； B_n350 、 B_n450 用于受力大的地面建筑、桥梁、各种预制构件和预应力混凝土构件等； B_n550 作现浇混凝土用于受力特别大、不太薄的桥梁构件及其他建筑构件、地面建筑的预制构件、优质预制混凝土构件；更高标号到 B_n800 尚无规程规定，使用时须经建筑监察署特许，并需要认真监视和经常进行质量检查，例如铁路用的预应力钢筋混凝土轨枕。

轻混凝土^[1] 根据《轻混凝土和钢筋轻混凝土规范》（1973年6月版），标号为 LB_n100 、 LB_n150 的轻混凝土只有在主要是静荷载作用的情况下才可用作钢筋轻混凝土构件， LB_n100 只用作墙构件。 LB_n450 和 LB_n550 需要获得认可才能使用，只能用变形钢筋或焊接钢筋网作配筋。

经济观点 集料和水泥的成本是决定性的，用贵的集料往往是值得的，因为好的颗粒级配可以得到密实的混凝土，从而可以少用水泥。

1.3.2 钢筋种类的选择

BSt22/34钢筋（I级钢筋）只用于受力不大的部位的构造钢筋和受压钢筋，当 $\phi \leq 8\text{mm}$ 时采用光面钢筋， $\phi > 8\text{mm}$ 时则用变形钢筋。如果钢筋须作二次弯曲（例如施工缝上的连接钢筋）则应当优先用I级钢筋。

BSt42/50钢筋（III级钢筋）售品只有变形钢筋，适用于作所有主筋。BStIIIU钢筋可以焊接，但比BStIIIK便宜。

BSt50/55（IV级钢筋）多作成焊接钢筋网的形式（尽可能用变形钢筋），作板、墙和其他平面承重结构的配筋。整个钢筋网可以弯曲并作为钢箍网、柱子钢箍、抗扭配筋之用。

1.3.3 同时使用不同种类的钢筋

按极限荷载法设计，原则上可按钢筋各自的屈服强度 β_s 而同时使用不同种类的钢筋。在板中或在配有钢箍和纵筋的梁、柱中，纵横方向都可配置不同种类的钢筋。但同一个横截面的主筋则应采用一种钢筋，以免在工地上可能发生混淆（例如钢筋直径相同时）。

2. 内 力

2.1 概 述

在计算内力时，通常都把实际结构抽象为力学模型即计算简图。

内力是由荷载引起的。在超静定结构中，由于收缩、柱子沉降和温度变化等原因也可引起内力，即所谓约束内力。在进行结构计算时，必须算出由荷载引起的内力；而约束内力，即使在极限荷载情况下，只有当它对内力之和引起不利影响时才进行计算。如果要考虑约束内力的有利作用，则必须注意到在状态II时由于刚度减小而使约束内力显著下降。混凝土的徐变亦引起约束内力下降。

在计算地面建筑的普通承重结构时，必须对荷载的分布情况、支承情况、超静定结构的刚度分配情况进行简化假定，得出的计算简图应能使计算结果与实际情况尽可能接近。但必须估计到因种种忽略以致与实际情况不甚符合而引起的力。这种力应考虑用“构造钢筋”来承受。所谓构造钢筋，乃是为了避免大的裂缝而配置的钢筋，这种钢筋是不需计算校核的。

2.2 支 承 情 况

在选定结构的计算简图时，支承情况起着决定性的作用。准确地了解支承情况，通常是不可能的。所以，虽然板或梁同柱或墙整体连接，或支座上的荷载阻碍它们自由旋转，但仍然把板或梁简化成自由支承。实际的支承情况几乎总是介于自由支承（例如线支座或点支座）和完全固定（例如嵌固在刚性墙中的梁端）这两种极端情况之间的。在开始计算之前，必须弄清楚构件与构件之间的可能或必须的连接。通常可考虑以下三种支承情况。

2.2.1 自由支承

自由支承只可能是点支座或线支座。窄的合成橡胶支座或混凝土铰的抵抗弯矩很小，

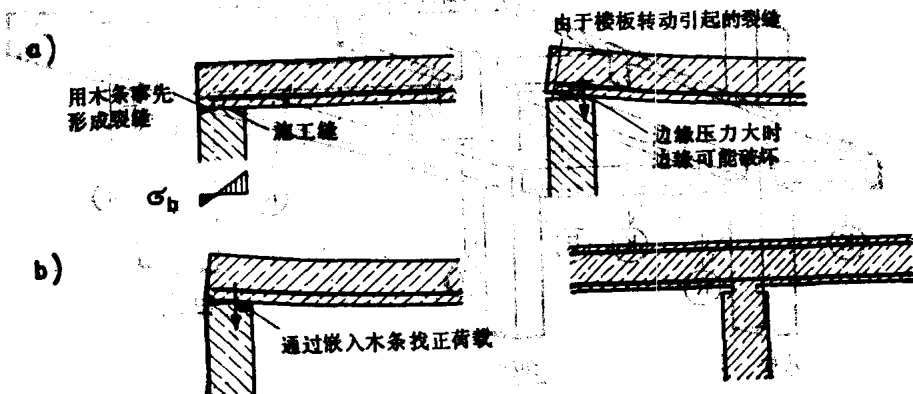


图 2.1 自由支承在墙上的板

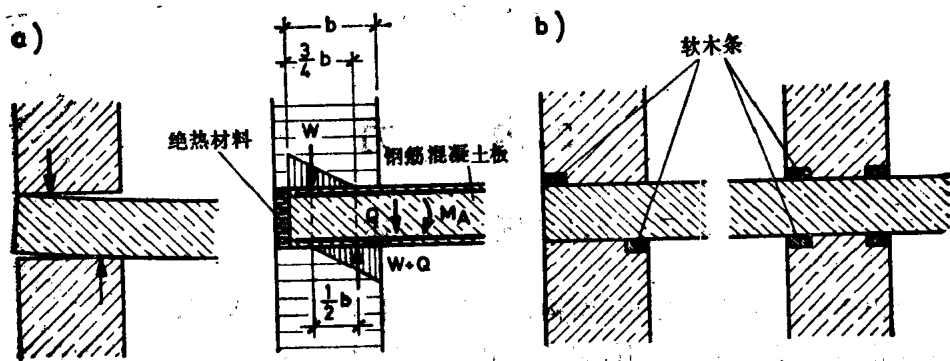
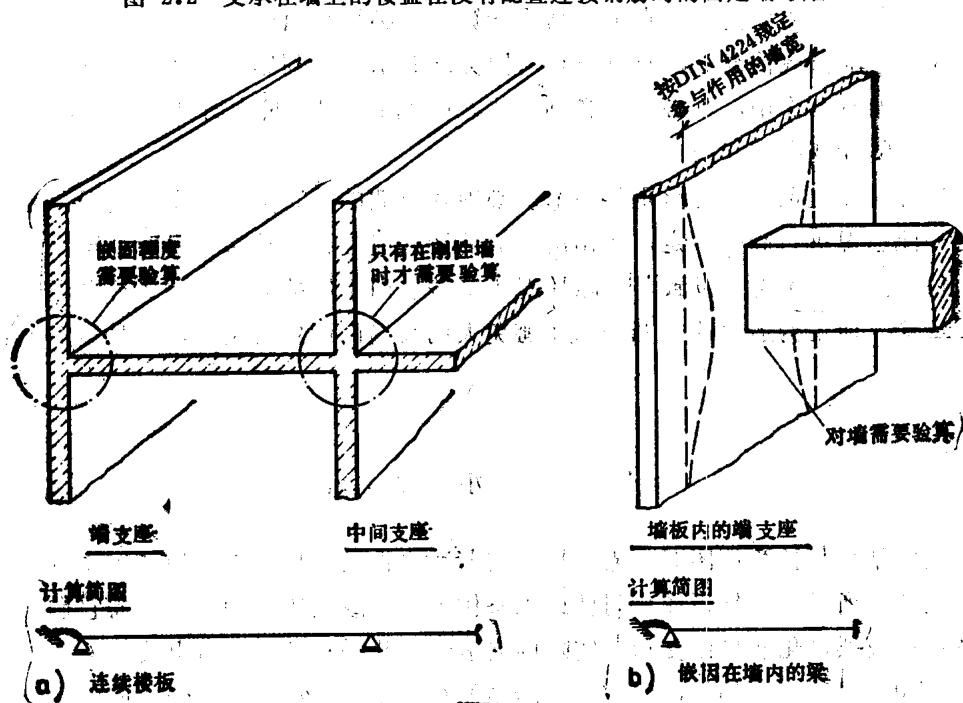


图 2.2 支承在墙上的楼盖在没有配置连接钢筋时的固定端弯矩



(c) 在边梁和托梁上的板

图 2.3 板或梁的嵌固必须验算的例子

⊗表示必须通过计算来考虑嵌固，⊙表示只需构造措施来考虑嵌固

可以忽略不计。直接支承在砖墙上或混凝土墙上(没有连接钢筋)的板或梁,只要上部的墙不妨碍它旋转,就可以假定成自由支承。施工缝的抗拉强度很小,只有很小的固定作用,在板或梁的荷载很小时,这种固定作用通过裂缝形成而自行消失。严重挠曲的窄板会产生宽度较大的裂缝,故可事先用一木条留出裂缝(图2.1a)。为避免边缘压力增大而损坏支座的内缘,可在内缘处嵌一软木条(图2.1b)。这样传递到墙上的支座荷载就能较好地作用在墙的中心,从而避免墙产生曲折危险。

2.2.2 轻度嵌固

作用在支座上部的荷载(例如由于其上的柱子或墙)使支座产生永久的固定作用。这种固定作用一般在计算内力时可以不考虑。这种情况的固定端弯矩 $M_A \approx \frac{1}{2}bW$, 并由上部配置的构造钢筋来承受(图2.2a)。这里亦可在边缘处放软木条来找正荷载中心,从而减小作用在墙上的边缘压力(图2.2b)。

2.2.3 中等到牢固的嵌固

如果楼盖或梁通过连接钢筋与支承构件刚性连接,则其端部便出现中等到牢固的嵌固,视刚度比而异(图2.3)。在端支座上,通常必须配置钢筋来考虑这种嵌固。而在水平加固的承重结构的中间支座上则可不考虑,只要通过构造措施保证了这种嵌固,则应予以考虑。

2.3 支承长度

选择支承面的长度(t =沿跨度方向支承面的实际长度,见图2.4a),应注意勿使支承构件超过其容许压力,如图2.4b所示(对混凝土支承面,详见文献[1b],对砖支承面,见德国工业标准DIN1053)。此外支承长度还应满足钢筋所需的锚固长度。板的最小支承长度介于3~7cm之间(DIN1045 20.1.2节),只要钢筋没有象图4.20那样焊接在锚固件上,则梁的最小支承长度约为10cm。

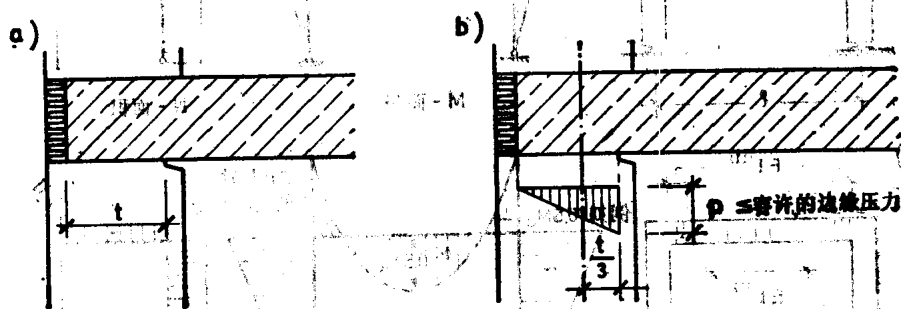


图 2.4
a) 支承长度 t , b) “铰接”支座的支座反力

2.4 跨 度

如果跨度不能由支座的类型(例如线支座或点支座)明确地确定,则按下述三种情况计算跨度 l :

(1) 在自由支承时, 跨度从支承长度前端的 $1/3$ 处 (三角形支座反力的重心处) 算起, 或者当支承长度很大时, 则跨度从离支座边缘 $0.025w$ 处算起 (w = 两支座前缘之间的净距离), 取其中较小的值作为计算跨度 l 。

(2) 当端部为固定时, 跨度从支座中点算起, 或者从离支座边缘为 $0.025w$ 处算起, 且取其中较小的值作为计算跨度 l 。

(3) 在连续构件的中间各跨上, 跨度都从支座、柱子或托梁的中心算起。

2.5 确定内力的原则

在选定计算简图后, 要按最不利的情况算出由自重和活载 (见 DIN1055) 引起的内力 (M 、 Q 、 N , 有时还有扭矩 M_T)。一跨中分布的荷载一般可假定为恒定的。

计算静定结构的内力很简单, 只用平衡条件即可, 且计算结果与刚度比无关。

计算超静定结构的内力, 则须考虑变形条件和刚度比值。在用钢筋混凝土时, 刚度比值受许多因素的影响 (见文献 [1a] 第 5 节和文献 [1c])。按弹性理论变形的内力, 一般都是在假定无筋混凝土横截面无裂缝的情况下 (状态 I) 进行计算的。当然, 裂缝形成使刚度比值发生变化 (状态 II), 且实际的内力可能在低于使用荷载时就已经不同于计算的内力。连续梁特别是框架的实际内力和计算内力差别很大 (图 2.5)。但这种差别并不影响承载的安全性, 这是因为在较高应力时, 由于建筑材料的部分塑化引起的弯矩重分布提供

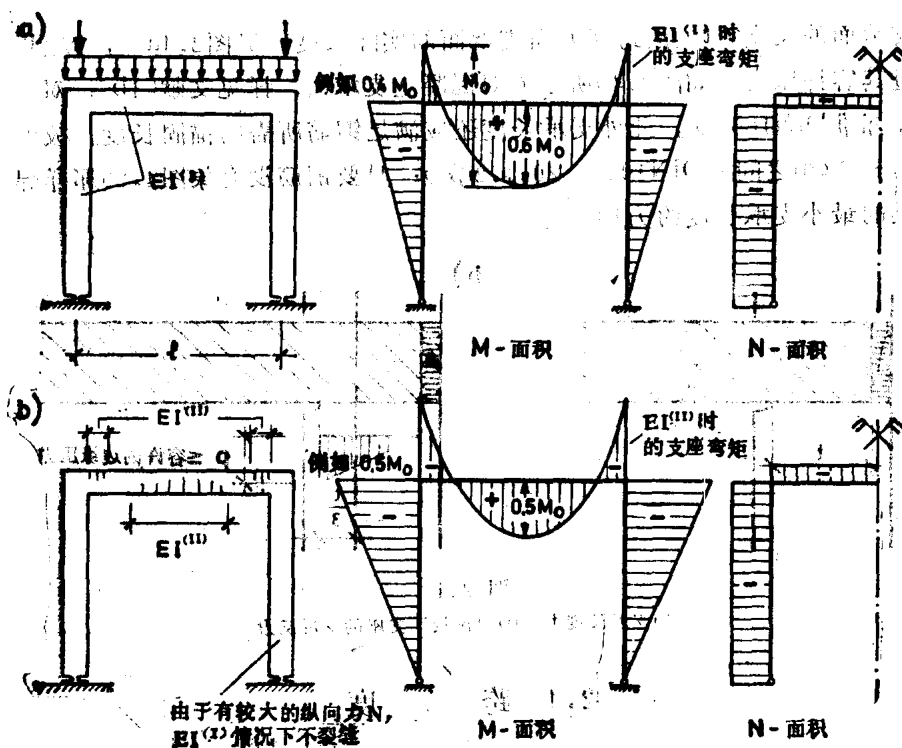


图 2.5 超静定结构的内力分布

a) 按状态 I 的刚度算出的内力; b) 按状态 II 考虑实际刚度时算出的内力