

高等学校教材·土木工程专业

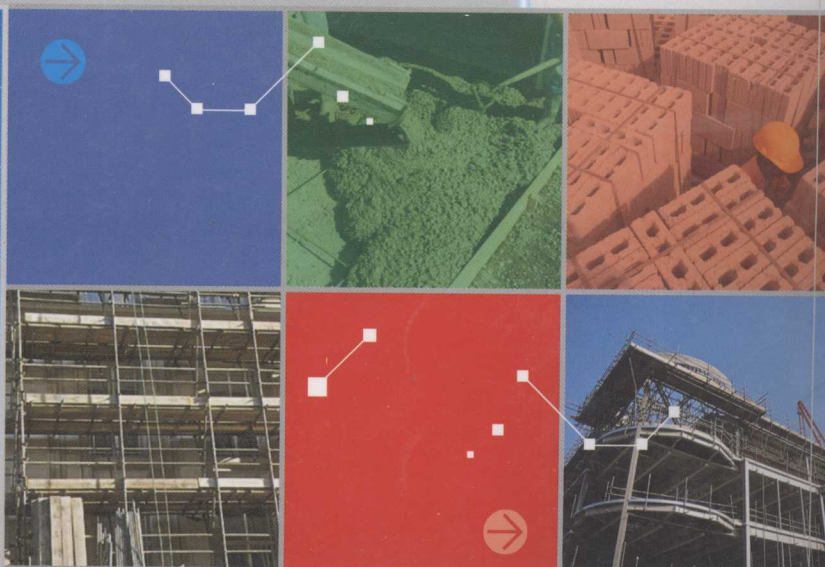
孙香红 李 红 主编



TEXTBOOK FOR HIGHER EDUCATION

工程技术科学系列

Engineer
Science



实用混凝土结构设计

—— 课程设计及框架结构设计实例

西北工业大学出版社

TU370. 4/45

2008

高等学校教材·土木工程专业

实用混凝土结构设计

——课程设计及框架结构设计实例

主编 孙香红 李 红
编者 孙香红 李 红 朱军强

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是针对高等学校土木工程专业学生对工程结构课程设计、毕业设计的学习需要和广大工程技术人员的工作需要,根据最新颁布的国家标准和规范而编写的。全书共分四章,包括梁板结构课程设计、单层工业厂房结构设计、多层框架结构设计,以及框架结构计算机辅助设计。在附录中有常用图表、毕业设计评分标准、毕业设计提纲和建筑设计施工图编制深度要求等内容。

本书可供高等院校土木工程专业的本、专科的师生使用,也可作为成教学院、电大、职工大学的师生及结构专业的工程设计人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用混凝土结构设计:课程设计及框架结构设计实例/孙香红,李红主编. —西安:西北工业大学出版社,2008.6

ISBN 978-7-5612-2375-8

I. 实… II. ①孙…②李… III. 混凝土结构—结构设计 IV. TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008)第 056495 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西丰源印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:16.75

字 数:407 千字 插图 3

版 次:2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价:28.00 元

前 言

混凝土结构设计是一门很重要的必修课程,课程设计是一个十分重要的实践性教学环节,而毕业设计则是通过工程设计,综合运用和深化所学理论知识,使学生受到工程师的基本训练。为了使土木工程专业高年级学生能尽快达到专业培养目标的要求,我们编写了这本《实用混凝土结构设计——课程设计及框架结构设计实例》。

本书是针对高等学校土木工程专业学生和广大工程技术人员对钢筋混凝土结构设计学习和工作的需要,依据土木工程专业混凝土结构课程设计教学大纲和毕业设计教学大纲的要求而编写的,内容涵盖了混凝土结构课程设计和多层框架结构毕业设计的全过程。本书以实例形式来展现设计的全过程,绘制的施工图详细、完整,并且以框架结构为例,介绍了PKPM结构设计软件建模的过程以及采用TAT进行结构分析的过程。编者根据多年的教学经验和工程设计实践,在编写上力求详细、易懂,紧扣我国最新颁布的设计规范,紧密结合工程实践,对工程设计中的问题,以至设计中的细节都作了叙述。凡依据规范的地方,均给出了引用的出处,使初次接触设计的学生能够尽快掌握设计的过程。

本书共分四章,包括梁板结构课程设计、单层工业厂房结构设计、多层框架结构设计,框架结构计算机辅助设计,并附有建筑设计施工图编制深度要求和毕业设计评分标准,以及常用图表。本书能够满足高等院校土木工程专业混凝土结构的课程设计和多层框架毕业设计的需要,既可作为土木工程专业本、专科学生的课程设计和毕业设计用书,又可作为建筑结构工程专业设计人员的参考书。

在本书的编写过程中,参考了大量的文献资料,这已在书末集中性地予以列出,若还有遗漏,请鉴谅。在此向这些文献的作者表示最衷心的感谢。

本书由长安大学孙香红和李红主编。其中,第1章及第4章由孙香红执笔,第2章由李红执笔,第3章由西安建筑科技大学朱军强执笔,全书由孙香红和李红负责统稿。感谢硕士研究生马洪宝、潘皓所做的部分工作。

由于笔者水平有限,难免有不当之处,敬请读者批评指正。

作 者

2007年10月

目 录

| | |
|-------------------------------|-----|
| 第 1 章 梁板结构课程设计 | 1 |
| 1.1 整体式单向板肋梁楼盖课程设计 | 1 |
| 1.1.1 设计任务书 | 1 |
| 1.1.2 计算书 | 2 |
| 1.1.3 绘制施工图..... | 16 |
| 1.2 双向板肋梁楼盖课程设计..... | 21 |
| 1.2.1 设计任务书..... | 21 |
| 1.2.2 计算书..... | 22 |
| 1.2.3 绘制施工图..... | 39 |
| 1.3 梁式楼梯设计..... | 42 |
| 1.3.1 设计任务书..... | 42 |
| 1.3.2 计算书..... | 43 |
| 1.3.3 绘制施工图..... | 48 |
| 1.4 板式楼梯设计..... | 50 |
| 1.4.1 设计任务书..... | 50 |
| 1.4.2 计算书..... | 51 |
| 1.4.3 绘制施工图..... | 54 |
| 第 2 章 单层工业厂房结构设计 | 56 |
| 2.1 单跨工业厂房结构设计..... | 56 |
| 2.1.1 设计任务书..... | 56 |
| 2.1.2 计算书..... | 57 |
| 2.1.3 绘制施工图..... | 84 |
| 2.2 双跨等高工业厂房结构设计..... | 85 |
| 2.2.1 设计任务书..... | 85 |
| 2.2.2 计算书..... | 86 |
| 2.2.3 绘制施工图 | 138 |
| 第 3 章 多层框架结构设计 | 139 |
| 3.1 设计任务书 | 139 |
| 3.1.1 设计资料 | 139 |
| 3.1.2 设计内容 | 139 |
| 3.1.3 设计成果 | 139 |
| 3.2 计算书 | 140 |

| | | |
|-------------|----------------------------|------------|
| 3.2.1 | 构件尺寸初选 | 140 |
| 3.2.2 | 重力荷载计算 | 141 |
| 3.2.3 | 水平地震作用下框架的侧移计算 | 143 |
| 3.2.4 | 水平地震作用下框架的内力分析 | 148 |
| 3.2.5 | 竖向荷载作用下框架结构的内力计算 | 149 |
| 3.2.6 | 内力组合 | 155 |
| 3.2.7 | 截面配筋计算 | 163 |
| 3.2.8 | 基础设计 | 171 |
| 3.2.9 | 板设计 | 174 |
| 3.2.10 | 楼梯设计 | 174 |
| 3.3 | 绘制施工图 | 174 |
| 第4章 | 框架结构计算机辅助设计 | 184 |
| 4.1 | PMCAD 建模 | 184 |
| 4.1.1 | 主要的建模步骤 | 184 |
| 4.1.2 | 结构整体模型的输入 | 185 |
| 4.1.3 | 结构楼面布置信息 | 191 |
| 4.1.4 | 楼面荷载传导计算 | 192 |
| 4.1.5 | 平面荷载显示校核 | 193 |
| 4.2 | 应用 TAT 软件进行结构内力分析与计算 | 193 |
| 4.2.1 | 前处理——数据准备 | 193 |
| 4.2.2 | 内力分析和配筋计算 | 199 |
| 4.2.3 | PM 次梁计算 | 200 |
| 4.2.4 | 计算结果的图形输出及图示说明 | 200 |
| 4.2.5 | 文本文件查看 | 201 |
| 4.2.6 | 计算结果的正确性判断 | 204 |
| 4.3 | 绘制施工图 | 207 |
| 附录 | | 208 |
| 附录 1 | 梁板结构设计常用数据表 | 208 |
| 附录 2 | 工业厂房结构设计常用图表 | 226 |
| 附录 3 | 多层框架结构设计常用图表 | 239 |
| 附录 4 | 建筑设计施工图编制深度要求 | 247 |
| 附录 5 | 毕业设计提纲 | 255 |
| 附录 6 | 建筑结构毕业设计进度控制及要求 | 256 |
| 附录 7 | 毕业设计评分标准 | 258 |
| 参考文献 | | 260 |

第1章 梁板结构课程设计

1.1 整体式单向板肋梁楼盖课程设计

1.1.1 设计任务书

1. 设计资料

某工业厂房车间仓库的二层楼盖平面示意如图 1-1 所示,楼面标高为 +4.8 m,采用现浇钢筋混凝土单向板肋梁楼盖。四周墙体为承重砖墙,厚度为 370 mm,钢筋混凝土柱截面尺寸为 350 mm×350 mm(或 400 mm×400 mm 或 450 mm×450 mm),楼板周边支承在砖墙上。楼面活荷载标准值 $q_k=6\sim 10\text{ kN/m}^2$ (具体数值由指导老师确定),楼面采用 20 mm 厚水泥砂浆抹面(或 30 mm 厚水磨石面层),梁板的天花抹灰为 15 mm 厚混合砂浆,混凝土强度等级采用 C20(或 C25,C30)。

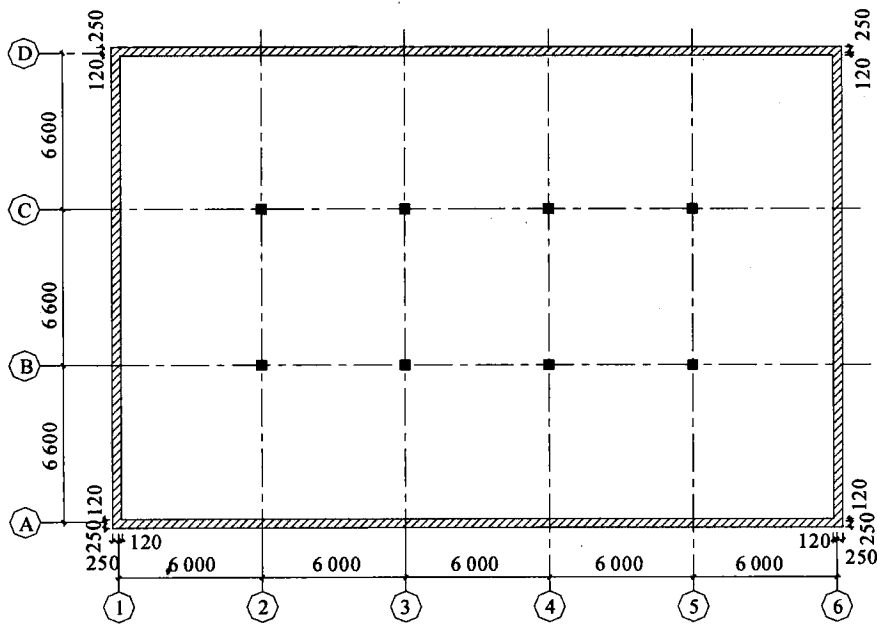


图 1-1 二层楼盖平面示意图

2. 设计内容

- (1) 结构平面布置:确定柱网尺寸、主次梁布置、构件截面尺寸。
- (2) 板的设计:按考虑塑性内力重分布方法计算。
- (3) 次梁设计:按考虑塑性内力重分布方法计算。

(4) 主梁设计:按弹性理论方法计算。

(5) 施工图绘制:

1) 绘制楼盖结构平面布置图及板配筋图;

2) 绘制次梁配筋图;

3) 绘制主梁抵抗弯矩图及配筋图。

3. 设计成果

(1) 设计计算书一份,包括封面、设计任务书、目录、计算书、参考文献、附录。

(2) 图纸(1张 A1 图或 2 张 A2 图):

1) 结构平面布置图及板配筋图(1:50);

2) 次梁配筋图;

3) 主梁抵抗弯矩图及配筋图。

1.1.2 计算书

选择柱截面尺寸为 $400\text{ mm} \times 400\text{ mm}$,楼面活荷载为 $q_k = 7\text{ kN/m}^2$,楼面采用 20 mm 厚水泥砂浆面层,混凝土强度等级为 C20,其他条件不变,作为设计实例。

1. 结构平面布置

单向板肋梁楼盖由板、次梁和主梁构成。其中,次梁的间距决定板的跨度,主梁的间距决定次梁的跨度,柱网尺寸决定主梁的跨度。单向板、次梁和主梁的常用跨度为:

单向板: $1.8 \sim 2.7\text{ m}$,荷载较大时取较小值,一般不宜超过 3 m ;

次梁: $4 \sim 6\text{ m}$;

主梁: $5 \sim 8\text{ m}$ 。

根据图 1-1 所示的柱网布置,选取主梁横向布置,次梁纵向布置的结构平面布置方案如图 1-2 所示。主梁的跨度为 $6\ 600\text{ mm}$,间距为 $6\ 000\text{ mm}$;次梁的跨度为 $6\ 000\text{ mm}$,间距为 $2\ 200\text{ mm}$ 。

板厚的确定:按跨高比要求,板厚 $h \geq l/40 = 2\ 200/40 = 55\text{ mm}$,按构造要求,工业建筑楼盖的最小厚度为 80 mm 。故取板厚 $h = 80\text{ mm}$ 。

次梁:根据经验,多跨连续次梁的截面高度

$$h = \frac{l}{18} \sim \frac{l}{12} = (6\ 000/18) \sim (6\ 000/12)\text{ mm} = 333.33 \sim 500\text{ mm}$$

并且

$$h \geq \frac{l}{25} = 6\ 000/25 = 240\text{ mm}$$

故取

$$h = 450\text{ mm}$$

截面宽度

$$b = \frac{h}{3} \sim \frac{h}{2} = (450/3) \sim (450/2)\text{ mm} = 150 \sim 225\text{ mm}$$

取

$$b = 200\text{ mm}$$

主梁:根据经验,多跨连续主梁的截面高度

$$h = \frac{l}{14} \sim \frac{l}{8} = (6\ 600/14) \sim (6\ 600/8)\text{ mm} = 471.43 \sim 825\text{ mm}$$

并且

$$h \geq \frac{l}{15} = 6\ 600/15 = 440\text{ mm}$$

故取

$$h=700 \text{ mm}$$

截面宽度

$$b=\frac{h}{3}\sim\frac{h}{2}=(700/3)\sim(700/2)\text{mm}=233.33\sim350 \text{ mm}$$

取

$$b=300 \text{ mm}$$

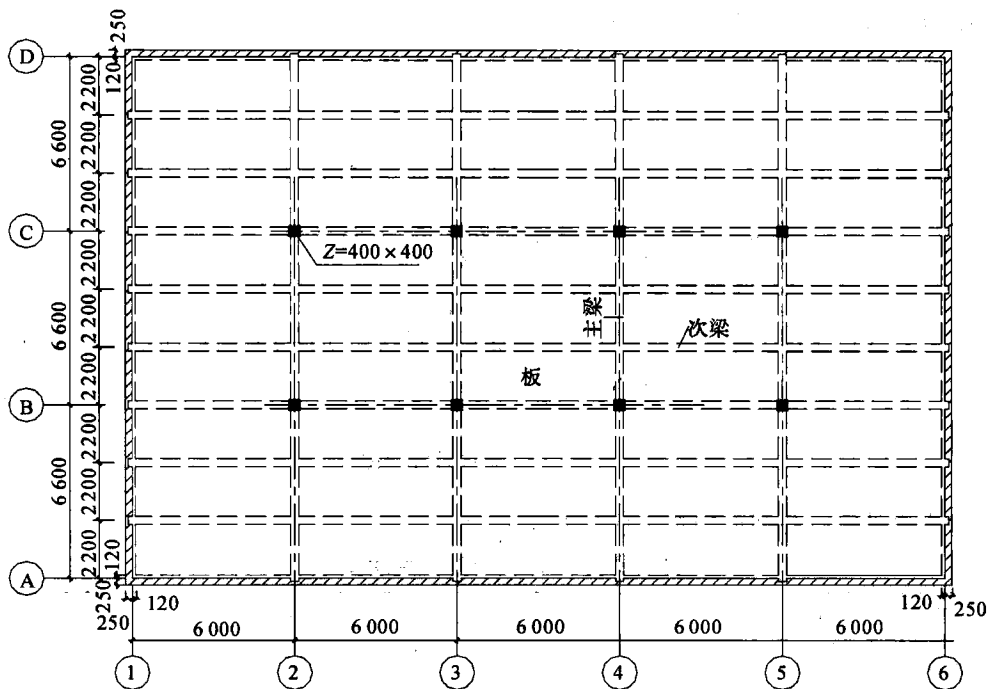


图 1-2 单向板肋梁楼盖结构平面布置图

2. 板的设计(按考虑塑性内力重分布的方法计算)

(1) 荷载计算。

20 mm 厚水泥砂浆面层: $20 \times 0.02 = 0.400 \text{ kN/m}^2$;80 mm 厚现浇钢筋混凝土板: $25 \times 0.08 = 2.000 \text{ kN/m}^2$;15 mm 厚石灰砂浆抹底: $17 \times 0.015 = 0.255 \text{ kN/m}^2$;恒荷载标准值: $g_k = 0.4 + 2.0 + 0.255 = 2.655 \text{ kN/m}^2$;活荷载标准值: $q_k = 7.000 \text{ kN/m}^2$;

根据《建筑结构荷载规范》(GB50009—2001)的规定,荷载设计值为

$$q_1 = \gamma_G g_k + \gamma_Q q_k = 1.2 \times 2.655 + 1.3 \times 7.000 = 12.286 \text{ kN/m}^2$$

$$q_2 = \gamma_G g_k + \psi_c \gamma_Q q_k = 1.35 \times 2.655 + 1.3 \times 0.7 \times 7.000 = 9.954 \text{ kN/m}^2$$

取 $q = 12.286 \text{ kN/m}^2$ 。

(2) 计算简图。取 1 m 宽板带作为计算单元,各跨的计算跨度为:

中间跨: $l_0 = l_n = 2200 - 200 = 2000 \text{ mm}$;边跨: $l_0 = l_n + a/2 = 2200 - 100 - 120 + 120/2 = 2040 \text{ mm}$

$$> l_n + \frac{h}{2} = 2200 - 100 - 120 + \frac{80}{2} = 2020 \text{ mm}$$

取小值 $l_0 = 2\ 020\ \text{mm}$;

平均跨度: $l = (2\ 020 + 2\ 000) / 2 = 2\ 010\ \text{mm}$ 。

边跨与中间跨的计算跨度相差

$$(2\ 020 - 2\ 000) / 2\ 000 = 1\% < 10\%$$

故可按等跨连续板计算内力。板的计算简图如图 1-3 所示。

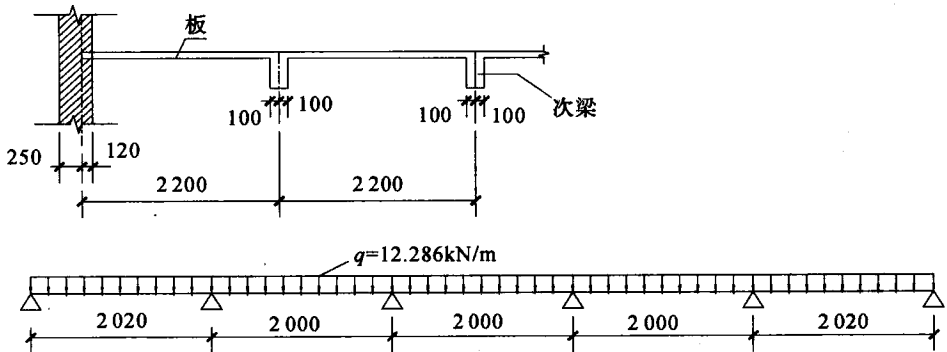


图 1-3 板的计算简图

(3) 内力计算。各截面的弯矩计算见表 1-1。

表 1-1 板的弯矩计算

| 截面 | 边跨中 | 第一内支座 | 中间跨度 | 中间支座 |
|---|---|---|--|--|
| 弯矩系数 | +1/11 | -1/11 | +1/16 | -1/14 |
| $\frac{M = \alpha q l_0^2}{\text{kN} \cdot \text{m}}$ | $1/11 \times 12.29 \times 2.02^2$ = 4.56 | $-1/11 \times 12.29 \times 2.02^2$ = -4.56 | $1/16 \times 12.29 \times 2.0^2$ = 3.07 | $-1/14 \times 12.29 \times 2.0^2$ = -3.51 |

(4) 正截面承载力计算。板的钢筋采用 HPB235 级, 混凝土为 C20, 查附表 1-1, 得

$$f_y = 210\ \text{N/mm}^2, \quad f_c = 9.6\ \text{N/mm}^2, \quad \alpha_1 = 1.0, \quad h_0 = 80 - 20 = 60\ \text{mm}$$

正截面承载力计算见表 1-2。

表 1-2 板的正截面承载力计算

| 截面 | 边跨中 | 第一内支座 | 中间跨中 | | 中间支座 | |
|---|-----------|-----------|------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| | ①~⑥ 轴间 | ①~⑥ 轴间 | ①~② ⑤~⑥ 轴间 | ②~⑤ 轴间 | ①~② ⑤~⑥ 轴间 | ②~⑤ 轴间 |
| $M / (\text{kN} \cdot \text{m})$ | 4.56 | -4.56 | 3.07 | 0.8×3.07 | -3.51 | $-0.8^* \times 3.51$ |
| $\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b h_0^2}$ | 0.132 | 0.132 | 0.089 | 0.071 | 0.102 | 0.081 |
| $\gamma_s = 0.5(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_s})$ | 0.929 | 0.929 | 0.953 | 0.963 | 0.946 | 0.958 |
| $A_s = \frac{M}{f_y \gamma_s h_0}$ (mm ²) | 389.56 | 389.56 | 255.67 | 202.41 | 294.47 | 232.63 |

续表

| 截面 | 边跨中 | 第一内支座 | 中间跨中 | | 中间支座 | |
|------------------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 选用钢筋 | $\Phi 8/10@150$ | $\Phi 8/10@150$ | $\Phi 8@190$ | $\Phi 8@190$ | $\Phi 8@150$ | $\Phi 8@190$ |
| 实际配筋面积/mm ² | 429 | 429 | 265 | 265 | 335 | 265 |

* 0.8 是为了考虑四边与梁整体连接的中间区格单向板拱的有利作用而取的折减系数。

根据计算所得的钢筋截面面积查附表 1-3 来选用钢筋。一般情况下,负弯矩钢筋直径不小于 8 mm,以保证施工中不被踩下;另外选用钢筋时,直径不宜多于两种。配筋方式有弯起式和分离式两种。弯起式配筋的钢筋锚固较好,可节省钢材,但施工较复杂;分离式配筋的钢筋锚固稍差,耗钢量略高,但设计和施工都比较方便,是目前最常用的方式(当板厚不超过 120 mm 且承受的动荷载不大时)。

3. 次梁的设计(按考虑塑性内力重分布的方法计算)

(1) 荷载计算。

板传来的恒载: $2.655 \times 2.2 = 5.841 \text{ kN/m}$;

次梁自重: $25 \times 0.2 \times (0.45 - 0.08) = 1.850 \text{ kN/m}$;

次梁粉刷抹灰: $17 \times 0.015 \times (0.45 - 0.08) \times 2 = 0.189 \text{ kN/m}$;

恒荷载标准值: $g_k = 5.841 + 1.850 + 0.189 = 7.880 \text{ kN/m}$;

活荷载标准值: $q_k = 7.000 \times 2.2 = 15.400 \text{ kN/m}$;

根据《建筑结构荷载规范》(GB50009—2001)的规定,荷载设计值为

$$g_1 = \gamma_G g_k + \gamma_Q q_k = 1.2 \times 7.88 + 1.3 \times 15.4 = 29.48 \text{ kN/m}$$

$$g_2 = \gamma_G g_k + \psi_c \gamma_Q q_k = 1.35 \times 7.88 + 1.3 \times 0.7 \times 15.4 = 24.65 \text{ kN/m}$$

取 $q = 29.48 \text{ kN/m}$ 。

(2) 计算简图。各跨的计算跨度为:

中间跨:因梁两端与主梁整体连接,故计算跨度取为净跨,即

$$l_0 = l_n = 6000 - 300 = 5700 \text{ mm}$$

边跨: $l_0 = l_n + a/2 = 6000 - 150 - 120 + 250/2 = 5855 \text{ mm} < 1.025 l_n = 5873.25 \text{ mm}$,取小值 5855 mm;

平均跨度: $l = (5855 + 5700)/2 = 5777.5 \text{ mm}$;

边跨与中间跨的计算跨度相差

$$(5855 - 5700)/5700 = 2.7\% < 10\%$$

故可按等跨连续梁计算内力。剪力计算时,跨度取净跨。次梁的计算简图如图 1-4 所示。

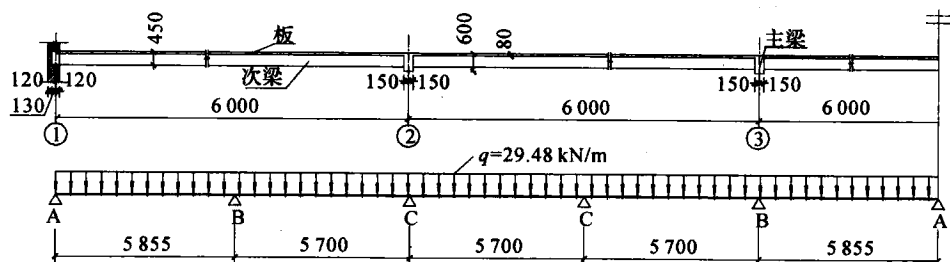


图 1-4 次梁的计算简图

(3) 内力计算。次梁的内力计算见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 次梁的弯矩计算

| 截面 | 边跨中 | 第一内支座 | 中间跨度 | 中间支座 |
|--|--|--|---|---|
| 弯矩系数 α | +1/11 | -1/11 | +1/16 | -1/14 |
| $\frac{M=aql_0^2}{\text{kN}\cdot\text{m}}$ | $1/11 \times 29.48 \times 5.855^2$ =91.87 | $-1/11 \times 29.48 \times 5.778^2$ =-89.47 | $1/14 \times 29.48 \times 5.70^2$ =59.86 | $-1/14 \times 29.48 \times 5.70^2$ =-68.41 |

表 1-4 次梁的剪力计算

| 截面 | A 支座 | B 支座左 | B 支座右 | C 支座 |
|----------------------------------|---|---|---|---|
| 剪力系数 β | 0.45 | 0.6 | 0.55 | 0.55 |
| $\frac{V=\beta ql_n}{\text{kN}}$ | $0.45 \times 29.48 \times 5.73$ =76.01 | $0.6 \times 29.48 \times 5.73$ =101.35 | $0.55 \times 29.48 \times 5.70$ =92.42 | $0.55 \times 29.48 \times 5.70$ =92.42 |

(4) 正截面承载力计算。次梁跨中截面按 T 形截面计算,翼缘宽度按《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002)第 7.2.3 条规定取用。

$$\text{边跨: } b'_f = l_0/3 = 5855/3 = 1952 \text{ mm}$$

$$b'_f = b + S_n = 200 + 1980 = 2180 \text{ mm}$$

取较小值 $b'_f = 1952 \text{ mm}$

$$\text{中间跨: } b'_f = l_0/3 = 5700/3 = 1900 \text{ m}$$

$$b'_f = b + S_n = 200 + 2000 = 2200 \text{ m}$$

取较小值 $b'_f = 1900 \text{ mm}$

支座截面按矩形截面计算。

判断各跨中截面属于哪一类截面,因为混凝土强度等级为 C20,查得《混凝土设计规范》(GB50010—2002)第 9.2.1 条的规定,混凝土保护层厚度 $c = 30 \text{ mm}$,取 $h_0 = 450 - 40 = 410 \text{ mm}$,则

$$\begin{aligned} \alpha_1 f_c b'_f h'_f (h_0 - h'_f/2) &= 1.0 \times 9.6 \times 1952 \times 80 \times (410 - 80/2) = \\ &= 562.18 \text{ kN}\cdot\text{m} > 91.87 \text{ kN}\cdot\text{m} (59.86 \text{ kN}\cdot\text{m}) \end{aligned}$$

故属于第一类 T 形截面。

次梁正截面承载力计算见表 1-5。

表 1-5 次梁正截面承载力计算

| 截面 | 边跨中 | B 支座 | 中间跨中 | 中间支座 |
|------------------------------|-------|--------|-------|--------|
| $M/(\text{kN}\cdot\text{m})$ | 91.87 | -89.47 | 59.86 | -68.41 |
| b'_f 或 b/mm | 1952 | 200 | 1900 | 200 |

续表

| 截面 | 边跨中 | B 支座 | 中间跨中 | 中间支座 |
|---|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| $\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b (b'_t) h_0^2}$ | 0.028 5 | 0.277 | 0.019 5 | 0.212 |
| $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s}$ | 0.028 9 < 0.55 | 0.332 < 0.35 | 0.019 7 < 0.55 | 0.241 < 0.35 |
| $\gamma_s = 0.5(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_s})$ | 0.986 | 0.834 | 0.990 | 0.879 |
| $A_s = \frac{M}{f_y \gamma_s h_0}$ (mm ²) | 748.4 > $\rho_{\min} bh =$ 0.2% × 200 × 450 = 180 mm ² | 872.2 > 180 mm ² | 491.6 > 180 mm ² | 632.7 > 180 mm ² |
| 选用钢筋 | 3 Φ 20 | 4 Φ 18 | 3 Φ 16 | 3 Φ 18 |
| 实际配筋面积/mm ² | 942 | 1 018 | 603 | 763 |

根据计算所得钢筋面积,查附表 1-2 来选用钢筋。次梁的钢筋有弯起式和连续式两种,因次梁高度一般较小,所以选用连续式较为方便。

(5) 斜截面承载力计算。斜截面受剪承载力计算包括验算截面最小尺寸、腹筋计算和箍筋最小配筋率验算。次梁斜截面强度计算见表 1-6。根据《混凝土设计规范》(GB50010—2002)第 10.2.10 条的规定,该次梁中箍筋最大间距为 200 mm,箍筋配筋率

$$\rho_{sv} \geq 0.24 f_t / f_{yv} = 0.24 \times 1.1 / 210 = 0.13\%$$

表 1-6 次梁斜截面强度计算

| 截面 | A 支座 | B 支座左 | B 支座右 | C 支座 |
|---|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| V/kN | 76.01 | 101.35 | 92.42 | 92.42 |
| $0.25\beta_c f_c b h_0$ (kN) | $0.25 \times 1.0 \times 9.6 \times 200 \times 410 = 196.8 \text{ kN} > V$ 截面满足要求 | | | |
| $0.7f_t b h_0$ (kN) | $0.7 \times 1.1 \times 200 \times 410 = 63.14 \text{ kN} < V$ 按计算配箍 | | | |
| 箍筋直径和肢数 | $\Phi 8$ 双肢 | | | |
| A_{sv}/mm^2 | $2 \times 50.3 = 100.6$ | $2 \times 50.3 = 100.6$ | $2 \times 50.3 = 100.6$ | $2 \times 50.3 = 100.6$ |
| $s = \frac{1.25 f_{yv} A_{sv} h_0}{V - 0.7 f_t b h_0}$ (mm) | 841.3 | 283.4 | 369.8 | 369.8 |
| 实配间距/mm | 200 | 200 | 200 | 200 |
| 配筋率 ρ_{sv} | $\rho_{sv} = A_{sv} / (bs) = 100.6 / (200 \times 200) = 0.25\% > \rho_{sv\min} = 0.13\%$ | | | |

4. 主梁的计算(按弹性理论计算)

考虑塑性内力重分布的构件在使用荷载作用下变形较大,应力较高,裂缝较宽。因主梁是

楼盖的重要构件,要求有较大的强度储备,且不宜有较大的挠度,因此采用弹性方法设计。

(1) 荷载计算。主梁自重实际为均布荷载,但此荷载值与次梁传来的集中荷载值相比很小,为简化计算,将主梁自重等效为集中荷载,其作用点与次梁的位置相同。即采用就近集中的方法,把集中荷载作用点两边的主梁自重集中到集中荷载作用点,主梁视为仅承受集中荷载的梁。

次梁传来的恒荷载: $7.88 \times 6.0 = 47.28 \text{ kN}$;

主梁自重: $25 \times 0.3 \times (0.7 - 0.08) \times 2.2 = 10.23 \text{ kN}$;

梁侧抹灰: $17 \times 0.015 \times (0.7 - 0.08) \times 2 \times 2.2 = 0.696 \text{ kN}$;

恒荷载标准值: $G_k = 47.28 + 10.23 + 0.696 = 58.206 \text{ kN}$;

活荷载标准值: $Q_k = 15.4 \times 6 = 92.400 \text{ kN}$;

恒载设计值: $G = 1.2G_k = 1.2 \times 58.206 = 69.85 \text{ kN}$;

活荷载设计值: $Q = 1.3Q_k = 1.3 \times 92.4 = 120.1 \text{ kN}$ 。

(2) 计算简图。主梁按连续梁计算,端部支承在砖墙上,支承长度为 370 mm ,中间支承在 $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ 的混凝土柱上,其各跨的计算跨度为:

中间跨: $l_0 = l_n + b = 6\,600 - 400 + 400 = 6\,600 \text{ mm}$;

边跨: $l_0 = l_n + a/2 + b/2 = 6\,600 - 120 - 200 + 370/2 + 400/2 = 6\,665 \text{ mm}$

$l_0 = 1.025l_n + b/2 = 1.025 \times (6\,600 - 120 - 200) + 400/2 = 6\,637 \text{ mm}$

取小值 $6\,637 \text{ mm}$;

平均跨度: $l = (6\,637 + 6\,600)/2 = 6\,619 \text{ mm}$;

跨度差: $(6\,637 - 6\,600)/6\,600 = 0.56\% < 10\%$,可按等跨连续梁计算。主梁的计算简图如图 1-5 所示。

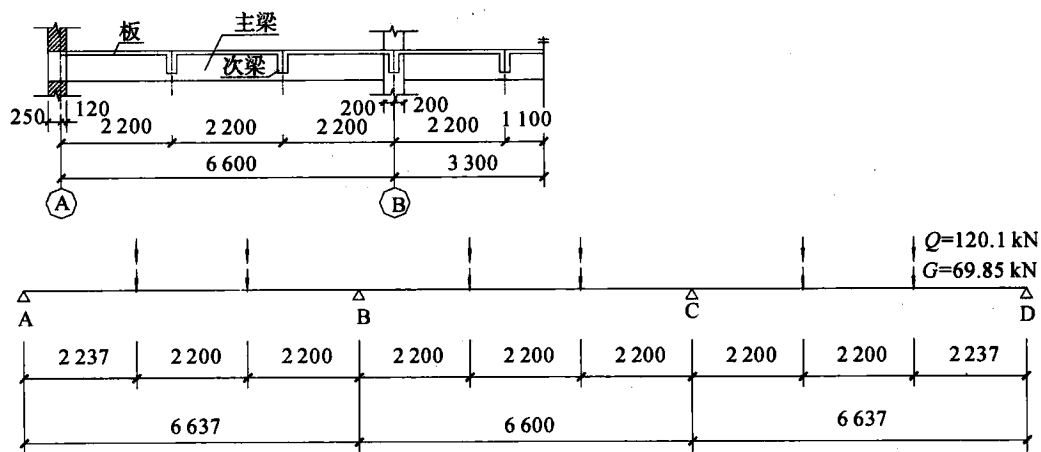


图 1-5 主梁的计算简图

(3) 内力计算。

1) 弯矩计算。

$$M = k_1 Gl + k_2 Ql \quad (k \text{ 值由附表 } 1-4-2 \text{ 查得})$$

边跨: $Gl = 69.85 \times 6.637 = 463.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$Ql=120.1 \times 6.637=797.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{中跨: } Gl=69.85 \times 6.6=461.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

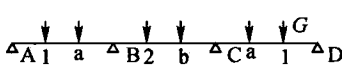

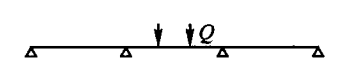
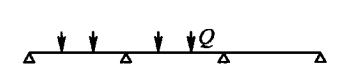

$$Ql=120.1 \times 6.6=792.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{平均跨(计算支座弯矩时取用): } Gl=69.85 \times 6.619=462.34 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Ql=120.1 \times 6.619=795 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

主梁弯矩计算如表 1-7 所示。

表 1-7 主梁弯矩计算

| 项次 | 荷载简图 | $\frac{k}{M_1}$ | $\frac{k}{M_a}$ | $\frac{k}{M_B}$ | $\frac{k}{M_2}$ | $\frac{k}{M_b}$ | $\frac{k}{M_C}$ |
|-----------------------|---|-----------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| ① 恒荷载 |  | $\frac{0.244}{113.1}$ | 71.7 | $\frac{-0.267}{-123.4}$ | $\frac{0.067}{30.9}$ | $\frac{0.067}{30.9}$ | $\frac{-0.267}{-123.4}$ |
| ② 活荷载 |  | $\frac{0.289}{230.4}$ | 194.5 | $\frac{-0.133}{-105.7}$ | -105.7 | -105.7 | $\frac{-0.133}{-105.7}$ |
| ③ 活荷载 |  | -35.6 | -70.7 | $\frac{-0.133}{-105.7}$ | $\frac{0.200}{158.5}$ | $\frac{0.200}{158.5}$ | $\frac{-0.133}{-105.7}$ |
| ④ 活荷载 |  | $\frac{0.229}{182.5}$ | 99.8 | $\frac{-0.311}{-247.2}$ | 75.9 | $\frac{0.170}{134.8}$ | $\frac{-0.089}{-70.8}$ |
| ⑤ 活荷载 |  | -23.9 | -47.3 | $\frac{-0.089}{-70.8}$ | $\frac{0.170}{134.8}$ | 75.9 | $\frac{-0.311}{-247.2}$ |
| 内 力 组 合 | ①+② | 343.5 | 266.2 | -229.1 | -74.8 | -74.8 | -229.1 |
| | ①+③ | 77.5 | 1.0 | -229.1 | 189.4 | 189.4 | -229.1 |
| | ①+④ | 295.6 | 171.5 | -370.6 | 106.8 | 165.7 | -194.2 |
| | ①+⑤ | 89.2 | 24.4 | -194.2 | 165.7 | 106.8 | -370.6 |
| 最 不 利 内 力 | M_{\min} 组合项次 | ①+③ | ①+③ | ①+④ | ①+② | ①+② | ①+⑤ |
| | M_{\min} 组合值/(kN·m) | 77.5 | 1.0 | -370.6 | -74.8 | -74.8 | -370.6 |
| | M_{\max} 组合项次 | ①+② | ①+② | ①+⑤ | ①+③ | ①+③ | ①+④ |
| | M_{\max} 组合值/(kN·m) | 343.5 | 266.2 | -194.2 | 189.4 | 189.4 | -194.2 |

注:无 k 值系数的弯矩是根据结构力学的方法由比例关系求出的。

2) 剪力计算。

$$V=k_3G+k_4Q \quad (k \text{ 值由附表 1-4-2 查得})$$

剪力计算如表 1-8 所示。

表 1-8 主梁剪力计算

| 项次 | 荷载简图 | $\frac{k}{V_A}$ | $\frac{k}{V_{BL}}$ | $\frac{k}{V_{BR}}$ |
|--------------|------|-----------------|--------------------|--------------------|
| ① 恒荷载 | | 0.733 51.2 | -1.267 -88.5 | 1.000 69.85 |
| ② 活荷载 | | 0.866 104.0 | -1.134 -136.2 | 0 0 |
| ③ 活荷载 | | -0.133 -16.0 | -0.133 -16.0 | 1.000 120.1 |
| ④ 活荷载 | | 0.689 82.7 | -1.311 -157.5 | 1.222 146.8 |
| ⑤ 活荷载 | | -0.089 -10.7 | -0.089 -10.7 | 0.778 93.4 |
| 内力组合 | ①+② | 155.2 | -224.7 | 69.85 |
| | ①+③ | 35.2 | -104.5 | 189.95 |
| | ①+④ | 133.9 | -246.0 | 216.7 |
| | ①+⑤ | 40.5 | -99.2 | 163.25 |
| V_{min}/kN | 组合项次 | ①+③ | ①+④ | ①+② |
| | 组合值 | 35.2 | -246.0 | 69.85 |
| V_{max}/kN | 组合项次 | ①+② | ①+⑤ | ①+④ |
| | 组合值 | 155.2 | -107.2 | 216.7 |

主梁弯矩及剪力包络图如图 1-6 所示。

(4) 正截面承载力计算。

1) 确定翼缘宽度。主梁跨中截面按 T 形截面计算。根据《混凝土设计规范》(GB50010—2002)第 10.2.10 条的规定,翼缘宽度取较小值。

边跨: $b'_f = l_0/3 = 6\ 637/3 = 2\ 212.3\text{ mm}$

$b'_f = b + S_n = 300 + 5\ 700 = 6\ 000\text{ mm}$

取较小值 $b'_f = 2\ 212.3\text{ mm}$ 。

中间跨: $b'_f = l_0/3 = 6\ 600/3 = 2\ 200\text{ mm}$

$b'_f = b + S_n = 300 + 5\ 700 = 6\ 000\text{ mm}$

取较小值 $b'_f = 2.2\text{ m}$ 。

支座截面仍按矩形截面计算。

2) 判断截面类型。在主梁支座处,由于板、次梁及主梁的负弯矩钢筋相互交叉重叠,主梁钢筋一般均在次梁钢筋下面,梁的有效高度减小。因此,进行主梁支座截面承

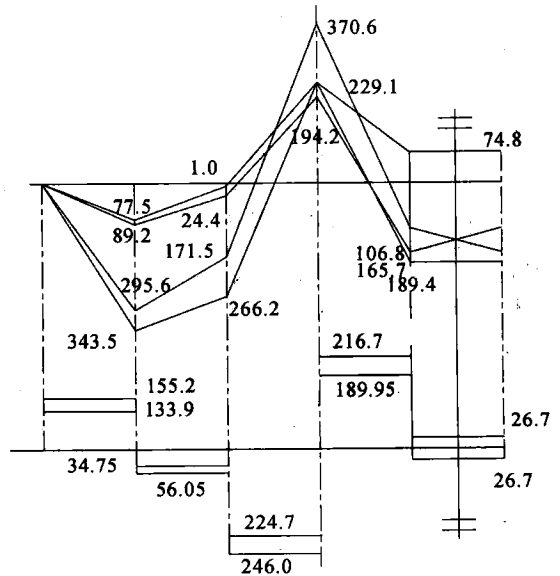


图 1-6 主梁的弯矩和剪力包络图

载力计算时,应根据主梁负弯矩钢筋的实际位置来确定截面的有效高度 h_0 。一般取值为:单排钢筋时, $h_0 = h - (50 \sim 60)$; 双排钢筋时, $h_0 = h - (80 \sim 90)$ 。取 $h_0 = 640 \text{ mm}$ (跨中), $h_0 = 610 \text{ mm}$ (支座)。

$$\alpha_1 f_c b'_i h'_i (h_0 - h'_i / 2) = 1.0 \times 9.6 \times 2 \ 212.3 \times 80 \times (640 - 80 / 2) = 1 \ 019.43 \text{ kN} \cdot \text{m} > 343.5 \text{ kN} \cdot \text{m} (189.4 \text{ kN} \cdot \text{m})$$

属于第一类 T 形截面。

3) 正截面承载力计算。按弹性理论计算连续梁内力时,中间跨的计算跨度取为支座中心线间的距离,故所求的支座弯矩和支座剪力都是指支座中心线的,而实际上正截面受弯承载力和斜截面受剪承载力的控制截面在支座边缘,计算配筋时,应将其换算到截面边缘。主梁正截面承载力计算见表 1-9。

表 1-9 主梁正截面受弯承载力计算

| 截 面 | 边跨中 | | B 支座 | | 中间跨中 | |
|--|----------------------------------|--|---------------------------|----------------------------|----------------|--|
| | | | | | | |
| $M / (\text{kN} \cdot \text{m})$ | 343.5 | -370.6 | 189.4 | -74.8 | | |
| $V \frac{b_z}{2} \text{ (kN)}$ | — | $216.7 \times 0.4 / 2 = 43.3$ | — | — | | |
| $M_b = M - V \frac{b_z}{2} \text{ (kN} \cdot \text{m)}$ | 343.5 | -327.3 | 189.4 | -74.8 | | |
| $\alpha_s = \frac{M_b}{\alpha_1 f_c b (b'_i) h_0^2}$ | 0.039 | 0.305 | 0.022 | 0.010 | | |
| $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s}$ | $0.040 \leq \xi_b = 0.55$ | $0.376 \leq \xi_b = 0.55$ | $0.022 \leq \xi_b = 0.55$ | $0.010 \leq \xi_b = 0.55$ | | |
| $\gamma_s = 0.5(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_s})$ | 0.980 | 0.812 | 0.989 | 0.995 | | |
| $A_s = \frac{M_b}{f_y \gamma_s h_0} \text{ (mm}^2\text{)}$ | 1 825.6 | 2 202.6 | 997.4 | 391.5 | | |
| 选用钢筋 | 2 Φ 25(弯) 3 Φ 20(直) | 1 Φ 18+3 Φ 25(弯) 2 Φ 16+1 Φ 20(直) | 2 Φ 18(直) | 1 Φ 18+1 Φ 25(弯) | 2 Φ 18(直) | |
| 实际配筋面积/ mm^2 | 1 924 | 2 443.7 | 1 254.4 | 509 | | |
| 配筋率 $\rho = \frac{A_s}{bh}$ | 0.92% | 1.16% | 0.60% | 0.24% | | |

根据《混凝土设计规范》(GB50010—2002)第 9.5.1 条的规定,纵向受力钢筋的最小配筋率为 0.2% 和 $0.45 f_t / f_y$ 中的较大值,即 0.2%。表 1-9 中的配筋率满足要求。配筋形式采用弯起式。

(5) 斜截面受剪承载力计算。主梁斜截面受剪承载力计算见表 1-10。根据《混凝土设计规范》(GB50010—2002)第 10.2.10 条的规定,该次梁中箍筋最大间距为 250 mm。

(6) 主梁吊筋计算。由次梁传给主梁的集中荷载为

$$F = 1.2 \times 47.28 + 1.3 \times 92.4 = 176.9 \text{ kN}$$

次梁传给主梁的全部集中荷载 G_k 中,应扣除主梁自重部分,因为这部分是假定为集中荷载的,实际为均布荷载。

若集中荷载全部由吊筋承担,则