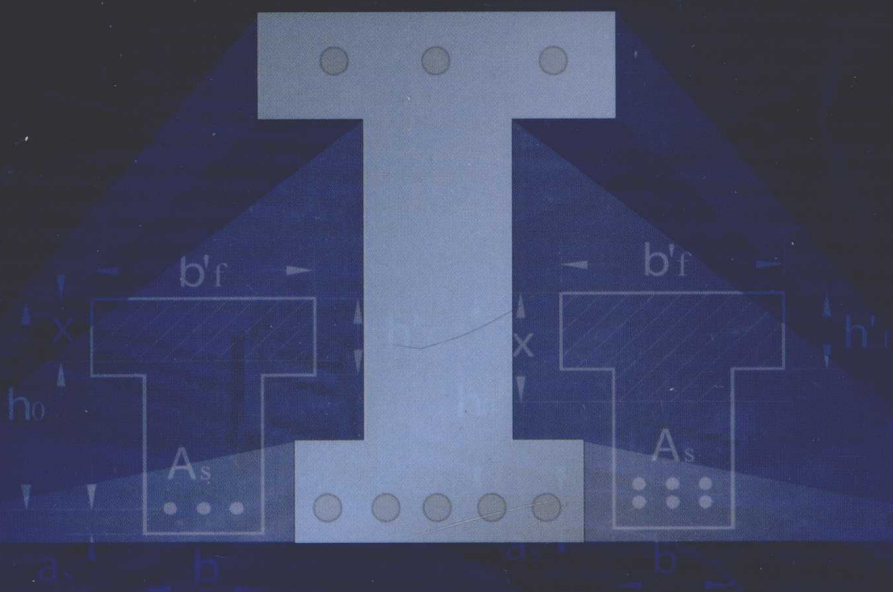




SHUIGONG GANGJIN HUNNINGTU GOUJIAN
SHEJI BUZHOU LITI JI CHENGXU

水工钢筋混凝土构件 设计步骤例题及程序

©张文 著



2

77



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水工钢筋混凝土构件 设计步骤例题及程序

◎张文 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是依据 2008 年颁布的《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008) 所写的。书中列出了各种水工混凝土结构构件的设计步骤并配有例题, 同时还附带了构件设计程序。因此它可作为学习、掌握《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008) 的参考书, 也可以作为与水工结构有关的高校师生及工程设计人员的参考书。

图书在版编目 (C I P) 数据

水工钢筋混凝土构件设计步骤例题及程序 / 张文著

— 北京 : 中国水利水电出版社, 2009. 12

ISBN 978-7-5084-7135-8

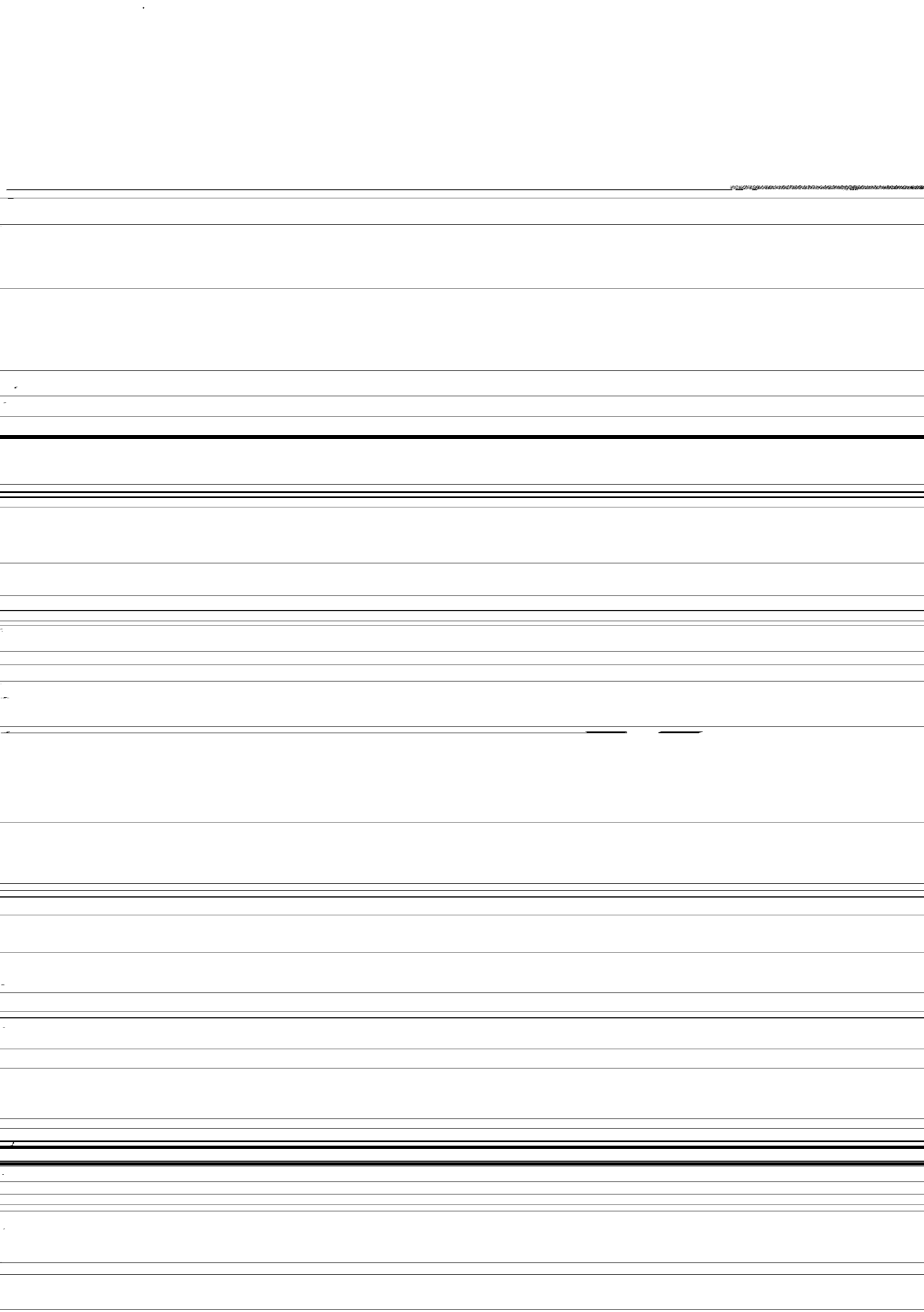
I. ①水… II. ①张… III. ①水工结构: 钢筋混凝土结构—结构设计 IV. ①TV332

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第002303号

书 名	水工钢筋混凝土构件设计步骤例题及程序
作 者	张 文 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 11.5 印张 273 千字
版 次	2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	46.00 元 (附光盘 1 张)

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究



目 录

前言

第 1 章 水工混凝土结构设计规范	1
1.1 不同行业的水工混凝土结构设计规范	1
1.2 水利行业《水工混凝土结构设计规范》的设计表达式	1
1.3 构件计算简图及荷载取值	2
1.4 材料的标准强度	5
第 2 章 梁板正截面承载力设计	8
2.1 单筋矩形截面梁正截面配筋计算	8
2.2 单筋矩形截面梁正截面承载力复核	12
2.3 双筋矩形截面梁正截面配筋计算 (1)	14
2.4 双筋矩形截面梁正截面配筋计算 (2)	16
2.5 双筋矩形截面梁正截面承载力复核	19
2.6 T 形截面梁正截面配筋计算	23
2.7 T 形截面梁正截面承载力复核	26
第 3 章 钢筋混凝土梁斜截面承载力设计	31
3.1 梁斜截面抗剪承载力计算 (1) (只用箍筋)	32
3.2 梁斜截面抗剪承载力计算 (2) (箍筋 + 弯筋)	36
3.3 梁斜截面抗弯承载力的保证	42
3.4 梁斜截面抗剪承载力复核	42
3.5 完整设计一根钢筋混凝土梁的步骤及例题	43
第 4 章 钢筋混凝土柱配筋设计	50
4.1 轴心受压柱配筋计算	51
4.2 矩形截面大偏心受压柱非对称配筋计算 (1)	53
4.3 矩形截面大偏心受压柱非对称配筋计算 (2)	56
4.4 矩形截面小偏心受压柱非对称配筋计算	61
4.5 矩形截面大偏心受压柱对称配筋计算	66
4.6 矩形截面小偏心受压柱对称配筋计算	69
4.7 完整设计一根柱子的例题	71

第 5 章 柱的极限承载力分析	74
5.1 轴心受压柱极限承载力 N_u 的计算	74
5.2 偏心受压柱已知 e_0 求极限轴向压力 N_u 的计算 (大偏心)	75
5.3 偏心受压柱已知 e_0 求极限轴向压力 N_u 的计算 (小偏心)	77
5.4 偏心受压柱已知轴力 N 求极限弯矩 M_u 的计算 (大偏心)	83
5.5 偏心受压柱已知轴力 N 求极限弯矩 M_u 的计算 (小偏心)	85
第 6 章 受拉构件设计	88
6.1 轴心受拉构件配筋计算	88
6.2 小偏心受拉构件正截面配筋计算	89
6.3 大偏心受拉构件正截面配筋计算	90
第 7 章 抗扭构件承载力设计	95
7.1 梁抗扭极限承载力 T_u 的计算	95
7.2 矩形截面梁只受扭矩作用配筋计算	96
7.3 工形、T 形截面梁只受扭矩作用配筋计算	98
7.4 矩形截面梁在 M 、 V 、 T 共同作用下配筋计算	102
7.5 T 形、工形截面梁在 M 、 V 、 T 共同作用下配筋计算	106
第 8 章 钢筋混凝土构件正常使用极限状态设计	110
8.1 构件截面几何特征量的计算	110
8.2 抗裂验算	112
8.3 裂缝宽度验算	114
8.4 梁板的挠度验算	120
第 9 章 预应力混凝土构件设计	124
9.1 概述	124
9.2 先张法轴心受拉构件设计	126
9.3 后张法轴心受拉构件设计	128
9.4 先张法受弯构件设计	135
9.5 后张法受弯构件设计	142
第 10 章 混凝土构件正截面配筋计算的 ABC 解法	154
附录	164
本书附带光盘中的程序安装及使用说明	174
参考文献	175

第 1 章 水工混凝土结构设计规范

1.1 不同行业的水工混凝土结构设计规范

水利工程建筑、工业与民用建筑、道路桥梁工程建筑和港口工程建筑都广泛采用混凝土结构。但是由于不同行业的混凝土结构所处环境不同、结构的作用不同以及各行业传统要求不同等原因，在我国采用了不同的设计规范。这些规范是结构设计的技术标准，结构设计时必须遵照执行。

新近颁布实施的《水工混凝土结构设计规范》包含两个规范文本，根据业主不同分别选择使用。水利行业使用《水工混凝土结构设计规范》（SL 191—2008）；电力行业使用《水工混凝土结构设计规范》（DL/T 5057—2009）。两个规范采用的设计表达式有所不同，水利行业的规范中采用了带安全系数的设计表达，电力行业的规范中仍采用分项系数的设计表达式。本书是根据《水工混凝土结构设计规范》（SL 191—2008）编写而成的。

混凝土结构设计包括：①承载力极限状态设计；②正常使用极限状态设计。

承载力极限状态设计主要计算结构构件的配筋，以满足承载力的要求；正常使用极限状态设计主要验算结构构件是否满足下列要求：抗裂要求（当构件不容许出现裂缝时）；裂缝宽度要求（当构件容许出现裂缝时）；挠度要求。

混凝土结构设计时也必须考虑结构的耐久性能，以满足结构使用寿命的要求。

1.2 水利行业《水工混凝土结构设计规范》的设计表达式

承载力极限状态设计的表达式为：

$$KS \leq R \quad (1.1)$$

式中 K ——承载力安全系数，查附表 1 确定；

S ——荷载效应组合设计值（即弯矩设计值 M 、剪力设计值 V 、轴力设计值 N 、扭矩设计值 T ）；

R ——结构构件的截面承载力设计值（即截面能承受的极限弯矩值 M_u 、极限剪力值 V_u 、极限轴力值 N_u 、极限扭矩值 T_u ）。

S 应按下列规定计算。

1. 基本组合

当永久荷载对结构起不利作用时：

$$S = 1.05S_{G1k} + 1.20S_{G2k} + 1.20S_{Q1k} + 1.10S_{Q2k} \quad (1.2)$$

当永久荷载对结构起有利作用时:

$$S = 0.95S_{G1k} + 0.95S_{G2k} + 1.20S_{Q1k} + 1.10S_{Q2k} \quad (1.3)$$

式中 S_{G1k} ——自重、设备等永久荷载标准值产生的内力;

S_{G2k} ——土压力、淤沙压力及围岩压力等永久荷载标准值产生的内力;

S_{Q1k} ——一般可变荷载标准值产生的内力;

S_{Q2k} ——可控制其不超出规定限值的可变荷载标准值产生的内力。

2. 偶然组合

$$S = 1.05S_{G1k} + 1.20S_{G2k} + 1.20S_{Q1k} + 1.10S_{Q2k} + 1.0S_{Ak} \quad (1.4)$$

式中 S_{Ak} ——偶然荷载标准值产生的内力。

在式 (1.4) 中, 参与组合的某些可变荷载标准值, 可根据有关规范作适当折减。

可见, 内力设计值是通过标准荷载产生的内力乘以相应的系数得到的。这些数值不同的系数是为了考虑不同荷载的不同变异程度的。

公式 (1.1) 是一个统一的表达式, 它的具体表达式如下:

对构件进行抗弯承载力设计时, $KM \leq M_u$;

对构件进行抗剪承载力设计时, $KV \leq V_u$;

对柱进行轴向受压承载力设计时, $KN \leq N_u$;

对构件进行抗扭承载力设计时, $KT \leq T_u$ 。

正常使用极限状态设计的表达式:

$$S_k(G_k, Q_k, f_k, a_k) \leq c \quad (1.5)$$

式中 S_k ——荷载标准值产生的荷载效应, 构件进行抗裂、裂缝宽度、挠度验算时, 它分别表示标准荷载作用下构件上混凝土的最大拉应力、构件表面最大裂缝宽度、受弯构件的最大挠度;

c ——构件正常使用极限状态的限值, 构件进行抗裂验算、裂缝宽度验算、挠度验算时, 它分别表示构件混凝土的拉应力限值、构件表面最大裂缝宽度限值、受弯构件挠度限值。

公式 (1.5) 的具体表达式为:

构件进行抗裂验算时, $\sigma_{ct} \leq 0.85f_{tk}$;

构件进行裂缝宽度验算时, $w_{\max} \leq w_{\lim}$;

构件进行挠度验算时, $f \leq f_{\lim}$ 。

1.3 构件计算简图及荷载取值

钢筋混凝土结构设计时首先要计算结构的内力。计算结构的内力首先要取出结构的计算简图。对于简单的静定结构计算简图的要点有三个: ①支座性质; ②跨度的数值; ③荷载形式 (是分布荷载还是集中荷载) 及荷载数值。图 1-1 (a) 所示为一简支梁的实际结构。因为该构件受到荷载作用时, 将产生弯曲变形, 考虑支座对构件端部转动约束很小,

因此两个支座就简化为铰。关于跨度的确定，分为弯矩计算的跨度和剪力计算的跨度两种情况。弯矩计算时，跨度按以下方法确定。

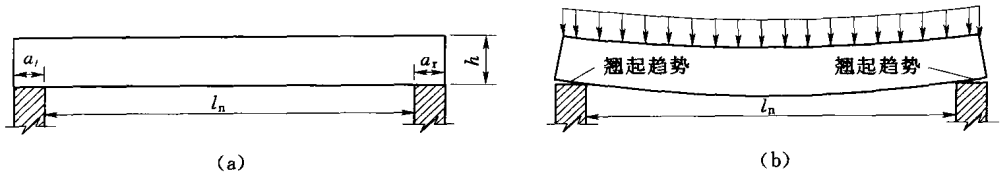


图 1-1 钢筋混凝土简支梁（板）

若构件为梁：

① $l_0 = l_n + a_l/2 + a_r/2$ ；② $l_0 = 1.05l_n$ 。取两种算法中的较小值。

若构件为板：

① $l_0 = l_n + a_l/2 + a_r/2$ ；② $l_0 = 1.1l_n$ ；③ $l_0 = l_n + h$ 。取 3 种算法中的较小值。

由于受弯构件受力后产生弯曲变形，支座处的端部有翘起趋势，见图 1-1 (b)。所以以支座内的反力不是均匀分布。但是，当支座宽度 a 小于净跨的 5% 时，翘起趋势相对不明显，支座宽度内的反力可认为均匀分布，其合力在支座宽度的中心，见图 1-2 (a)。当支座宽度 a 大于净跨的 5% 时，构件端翘起趋势明显，支座宽度内的反力不能认为均匀分布，其合力不在支座宽度的中心。而计算跨度则表示支座反力的合力之间的距离，见图 1-2 (b)，因此计算跨度取值有所不同。

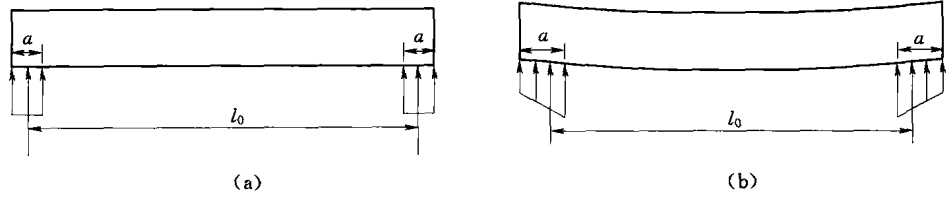


图 1-2 支座反力在支座内的分布情况

当计算梁的剪力时，跨度取净跨 l_n 。这是因为，梁只在净跨范围内受剪力作用，梁受剪力作用引起的斜裂缝只在净跨范围发生。

计算简图上标注的荷载一般为荷载标准值，以符号 q_k 、 Q_k 、 g_k 、 G_k 表示。对于不能直接计算其数值的活荷载，如人群荷载、雪荷载、风荷载、地震荷载等，查相应的荷载规范得到其标准值或标准值的计算公式；对于水压力、闸门起吊力这样的活荷载的标准值，可以通过水位及闸门的重量来计算；对于静荷载（如自重、固定设备）的标准值，则根据实际结构物的尺寸、容重和固定设备的重量来确定。

例 1-1 一钢筋混凝土工作桥，双 T 形截面，如图 1-3 所示，桥面均布活荷载标准值 $q_k = 5\text{kN/m}^2$ ，对称集中荷载 G_k 表示绳鼓式启闭机及机墩重； Q_k 表示闸门起吊力。 $G_k = 15\text{kN}$ ； $Q_k = 160\text{kN}$ 。集中力位置：距支座内边缘为 1500mm。取一根梁进行设计，试取出结构计算简图，并计算荷载基本组合弯矩设计值、剪力设计值，计算标准荷载组合弯矩值及剪力值。

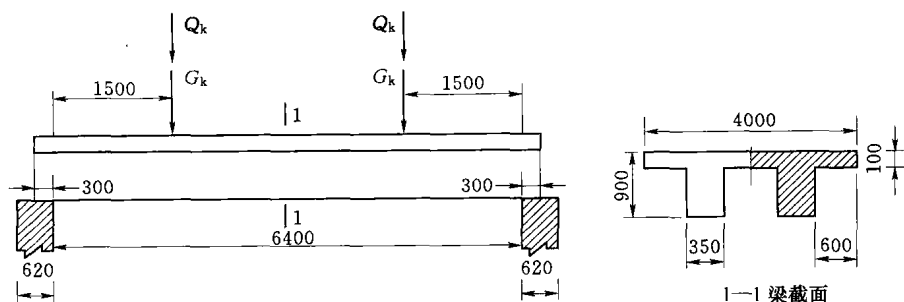


图 1-3 钢筋混凝土工作桥结构图

【解】

分析：桥身自重及 G_k 属于静荷载， q_k 及 Q_k 属于活荷载。

1. 取计算简图

(1) 支座简化为铰。

(2) 计算跨度： $l_0 = l_n + a/2 + a/2 = 6400 + 300/2 + 300/2 = 6700(\text{mm})$
 $l_0 = 1.05l_n = 1.05 \times 6400 = 6720(\text{mm})$

取 $l_0 = 6700\text{mm}$

(3) 荷载标准值计算：

自重标准值 g_k (截面取一半)

$$g_k = (2.0 \times 0.1 + 0.35 \times 0.8) \times 25.0 = 12.0(\text{kN/m})$$

均布活荷载标准值 q_k 计算 (取一半面板宽)

$$q_k = 2.0 \times 5000 = 10000(\text{N/m}) = 10.0\text{kN/m}$$

集中静荷载标准值 G'_k 计算 (取一半)

$$G'_k = 1/2 \times 15 = 7.5(\text{kN})$$

集中活荷载标准值 Q'_k 计算 (取一半)

$$Q'_k = 1/2 \times 160 = 80.0(\text{kN})$$

集中力位置

$$d = 1500 + 150 = 1650(\text{mm})$$

根据以上计算结果，得出计算简图如图

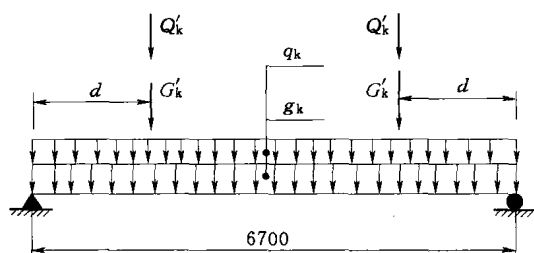


图 1-4 计算简图

1-4所示。

2. 内力计算

(1) 基本荷载组合跨中弯矩设计值及支座边缘剪力设计值：

$$\begin{aligned} M &= 1.05 \frac{g_k l_0^2}{8} + 1.2 \frac{q_k l_0^2}{8} + 1.05 G'_k d + 1.1 Q'_k d \\ &= (l_0^2/8) \times (1.05 g_k + 1.2 q_k) + d(1.05 G'_k + 1.1 Q'_k) \\ &= (6.7^2/8) \times (1.05 \times 12 + 1.2 \times 10.0) + 1.65 \times (1.05 \times 7.5 + 1.1 \times 80) \\ &= 296.23(\text{kN} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= 1.05 \frac{g_k l_n}{2} + 1.2 \frac{q_k l_n}{2} + 1.05 G'_k + 1.1 Q'_k = \frac{l_n}{2} (1.05 g_k + 1.2 q_k) + 1.05 G'_k + 1.1 Q'_k \\ &= \frac{6.4}{2} \times (1.05 \times 12.0 + 1.2 \times 10.0) + 1.05 \times 7.5 + 1.1 \times 80 = 174.60(\text{kN}) \end{aligned}$$

闸门起吊力 Q_k 为可控活荷载, 因此其内力组合系数为 1.1。

(2) 标准荷载内力值

$$\begin{aligned} M_k &= \frac{g_k l_0^2}{8} + \frac{q_k l_0^2}{8} + G'_k d + Q'_k d = \frac{l_0^2}{8} (g_k + q_k) + d (G'_k + Q'_k) \\ &= \frac{6.7^2}{8} \times (12.0 + 10.0) + 1.65 \times (7.5 + 80) = 267.82 (\text{kN} \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_k &= \frac{g_k l_n}{2} + \frac{q_k l_n}{2} + G'_k + Q'_k = \frac{l_n}{2} (g_k + q_k) + G'_k + Q'_k \\ &= (12.0 + 10.0) \times 6.4 / 2 + 7.5 + 80.0 = 157.90 (\text{kN}) \end{aligned}$$

1.4 材料的标准强度

结构设计时不但要确定结构上的荷载数值, 而且还要确定材料强度数值。这两类数值的确定对结构设计至关重要。如果荷载数值定得过低或材料强度取得过高, 将使结构产生安全隐患。如果相反, 则不满足经济原则。材料的标准强度是材料强度的代表值。钢筋和混凝土的标准强度取值, 我国有统一的标准。《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008) 采用了国家的统一标准。

大量的试验表明: 混凝土及钢筋的实测强度分布情况符合正态分布规律。因此可通过试验数据计算材料强度的平均值、标准差、变异系数, 进而可计算强度变量的分位值 (相当某保证率的强度值)。

$$\text{平均值: } u = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}; \text{ 标准差: } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - u)^2}{(n-1)}}; \text{ 变异系数: } \delta = \frac{\sigma}{u}.$$

$$\text{正态分布概率函数: } f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(u-x)^2}{2\sigma^2}}.$$

由概率论的知识可知, 对正态分布概率函数进行积分, 当取不同的积分区间时, 其结果如下:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1; \int_{-\infty}^u f(x) dx = 0.5 = 50\% \text{ 称 } u \text{ 为变量的 } 0.5 \text{ 分位值。}$$

$$\int_{-\infty}^{u-1.645\sigma} f(x) dx = 0.05 = 5\%; \text{ 称 } (u-1.645\sigma) \text{ 为变量的 } 0.05 \text{ 分位值。}$$

$$\int_{-\infty}^{u+1.645\sigma} f(x) dx = 0.95 = 95\%; \text{ 称 } (u+1.645\sigma) \text{ 为变量的 } 0.95 \text{ 分位值。}$$

显然, 大于或小于正态分布的随机变量均值 u 的随机变量之和具有 50% 的保证率; 大于变量 0.05 分位值 ($u-1.645\sigma$) 的随机变量之和, 具有 95% 的保证率。

例 1-2 某工地随机抽得 42 个混凝土立方体试块, 测得试块的强度如表 1-1 所示。该工地的混凝土设计强度为 C35, 合格保证率为 95%, 试计算该批混凝土强度的平

均值、标准差、变异系数。绘出强度分布的直方图和概率密度曲线图，并验证该批混凝土是否合格。

表 1-1

试块强度实测值

单位: N/mm²

42.5	43.6	38.6	40.5	40.8	42.8	42.6
43.7	42.5	42.7	43.3	39.4	44.6	44.4
49.2	41.4	49.4	51.0	45.5	43.7	47.5
49.8	45.6	46.4	38.4	38.1	41.5	36.1
45.6	38.5	47.4	45.7	43.4	40.5	43.6
37.5	41.7	41.5	40.8	43.5	45.6	47.8

【解】
将试块分组、统计各组频数，计算各组频率见表 1-2。

表 1-2

试块分组、频数统计表

组 限 (N/mm ²)	频 数	累积频数	频 率	组 限 (N/mm ²)	频 数	累积频数	频 率
36~38	2	2	0.048	44~46	7	34	0.171
38~40	5	7	0.119	46~48	4	38	0.095
40~42	8	15	0.190	48~50	3	41	0.071
42~44	12	27	0.286	50~52	1	42	0.024

绘制试块立方体强度分布的直方图及频率曲线，如图 1-5 所示。

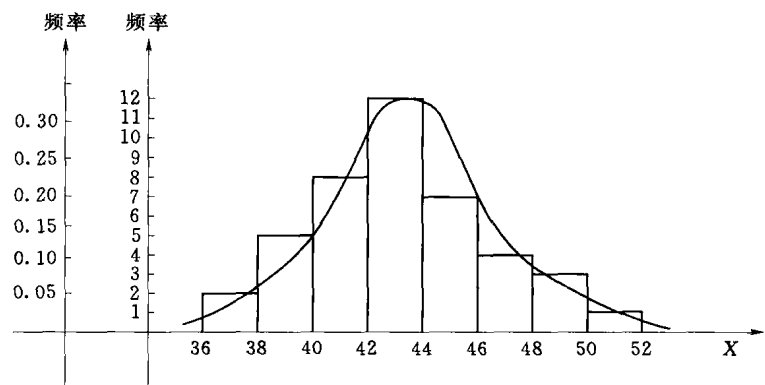


图 1-5 混凝土试块强度分布直方图

试块强度的平均值：
$$u = \frac{\sum_1^n x_i}{n} = \frac{\sum_1^{35} x_i}{42} = 43.30(\text{N/mm}^2)$$

试块强度标准差（均方差）：

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n (x_i - u)^2 / (n - 1)} = \sqrt{\sum_1^{35} (x_i - 43.30)^2 / 41} = 3.52(\text{N/mm}^2)$$

试块强度变异系数（离散系数）： $\delta = \frac{\sigma}{u} = \frac{3.52}{43.30} = 0.081$

本次试验具有95%保证率的强度值（即本次试验变量的0.05分位值）：

$f_{0.05} = u - 1.645\sigma = 43.30 - 1.645 \times 3.52 = 37.51 (\text{N/mm}^2) > 35 \text{N/mm}^2$ ，混凝土质量合格。

绘制混凝土试块强度分布直方图如图1-5所示。

● 结束。

国家的统一标准中，混凝土强度的标准值取其变量的0.05分位值，即 $f_k = u_f - 1.645\sigma_f$ 。因此混凝土强度的标准值具有95%的保证率。钢筋强度标准值则取钢筋出厂时的废品检验限值，其保证率也不小于95%。

混凝土结构承载力设计时，混凝土和钢筋采用设计强度。设计强度等于标准强度除以大于1的材料强度分项系数，因此设计强度值比标准强度小，这使结构的安全度更大，以达到预定的安全度指标。

混凝土的标准强度及设计强度分别见附表5和附表6；普通钢筋标准强度和设计强度分别见附表9和附表10；预应力钢筋标准强度见附表11，其设计强度见附表12。

第 2 章 梁板正截面承载力设计

通过钢筋混凝土梁正截面破坏试验可知,正截面破坏有 3 种类型,即超筋破坏、少筋破坏、适筋破坏。超筋破坏是由于梁的受拉钢筋数量过多,在梁受弯破坏的过程中,受拉区钢筋还没有屈服时,受压区的混凝土就先被压碎。少筋破坏是由于梁的受拉钢筋数量过少,在梁受弯破坏的过程中,梁的受拉区的混凝土一旦开裂,裂缝截面内的钢筋立即屈服,裂缝瞬间开展很宽,造成了梁的破坏。适筋破坏指梁的配筋比较适当,在梁受弯破坏的过程中,梁的受拉区钢筋先屈服,然后梁的裂缝随着荷载的不断加大而逐渐加深加宽,受压区高度不断减少,最后受压区混凝土被压碎。超筋破坏和少筋破坏都属于脆性破坏,破坏前无明显的征兆,因此破坏的后果危险性更大,同时在混凝土和钢筋的用量比例上也不合理,因此设计时必须防止。

梁板正截面承载力设计包括两方面的内容:一是配筋计算;二是承载能力复核。关于配筋计算,本书所列的设计步骤及例题,一般情况都把截面尺寸、内力、材料的强度设为已知,主要求解钢筋用量。在实际工程设计中,截面尺寸的确定、内力的计算、材料的选择,都是结构设计的重要内容,大家在学习时要给予足够的重视,进行必要的思考。同时如何避免设计成脆性构件(超筋破坏和少筋破坏)要熟练掌握。关于承载能力复核,本书所列的设计步骤及例题,一般情况都把截面尺寸、内力、材料的强度、配筋情况设为已知,主要计算构件截面能承受的极限内力。

本章关于梁板正截面承载力设计,包括单筋矩形截面梁(板)、双筋矩形截面梁、T 形截面梁的配筋计算及承载力复核,列出 7 种计算情况。

2.1 单筋矩形截面梁正截面配筋计算

已知:内力及安全系数 (M, K); 截面尺寸 (b, h); 材料信息 (f_c, f_y, ξ_b)。

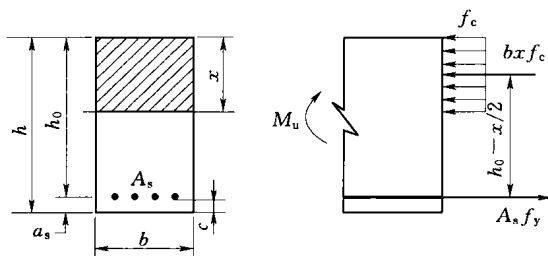


图 2-1 破坏阶段应力

求:受拉主筋 A_s , (x)。

破坏阶段应力图形如图 2-1 所示。

配筋基本公式为:

$$A_s f_y = b x f_c$$

$$K M = b x f_c \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$$

公式的条件: $x \leq 0.85 \xi_b h_0$

通过基本方程可推导出以下设计步骤:

第一步: $h_0 = h - a_s$ (其中, a_s 取值参见附表 3)

第二步:
$$\alpha_s = \frac{KM}{f_c b h_0^2}$$

第三步: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} \leq 0.85\xi_b$ (其中, ξ_b 取值参见附表 21)

第四步:
$$A_s = \xi \frac{f_c}{f_y} b h_0$$

第五步: 防止超筋破坏和少筋破坏检查。

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} \leq 0.85\xi_b$$

$$\rho = \frac{A_s}{b h_0} \geq \rho_{\min} \quad (\text{其中, } \rho_{\min} \text{ 取值参见附表 8})$$

第六步: 选钢筋根数和直径, 画截面配筋图。

● 结束。

单筋矩形截面设计, 还可以使用 ABC 解法, 见第 10 章例题。

在梁的设计时, 以前规范要求 $\xi \leq \xi_b$, 而新规范要求 $\xi \leq 0.85\xi_b$ 。其中 ξ_b 是超筋破坏和适筋破坏的界限值 (理论值), 然而, 实际构件的 ξ_b 是有一定波动性的, 并非十分稳固, 因此当 $\xi > 0.85\xi_b$ 时, 梁可能已经进入超筋状态, 为了避免把梁设计成脆性 (或十分接近脆性) 构件, 新规范把适筋梁的相对受压区高度限值由 ξ_b 降低到了 $0.85\xi_b$ 。

例 2-1 有一钢筋混凝土简支梁, 跨度 5.5m, 1 级水工建筑物, 二类环境。根据其跨度, 初设截面尺寸 $b \times h = 250\text{mm} \times 550\text{mm}$, 荷载基本组合弯矩如图 2-2 (a) 所示。跨中最大设计弯矩值为 $M = 122.58\text{kN} \cdot \text{m}$ 。材料采用: 钢筋 HRB335, 混凝土 C25。求最大弯矩截面所需钢筋面积, 并绘制截面配筋图。

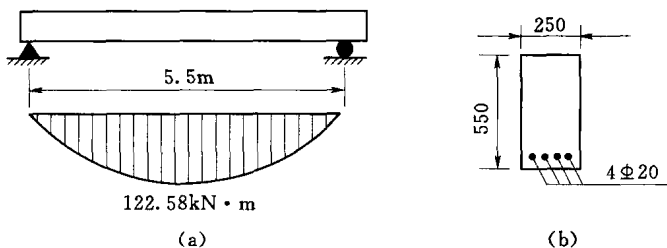


图 2-2 钢筋混凝土梁、内力图及截面配筋图

【解】

根据已知条件查表: $f_c = 11.9\text{N/mm}^2$, $f_y = 300\text{N/mm}^2$, $\xi_b = 0.55$, 二类环境, 取 $c = 35\text{mm}$, 1 级水工建筑物 $K = 1.35$ 。

$$a_s = c + \frac{d}{2} = 35 + \frac{20}{2} = 45(\text{mm})$$

$$h_0 = h - a_s = 550 - 45 = 505(\text{mm})$$

$$\alpha_s = \frac{KM}{f_c b h_0^2} = \frac{1.35 \times 122.58 \times 10^6}{11.9 \times 250 \times 505^2} = 0.218$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.218} = 0.249 < 0.85\xi_b = 0.85 \times 0.55 = 0.4678$$

$$A_s = \xi \frac{f_c}{f_y} b h_0 = 0.249 \times \frac{11.9}{300} \times 250 \times 505 = 1247 (\text{mm}^2)$$

$$\rho = \frac{A_s}{b h_0} = \frac{1247}{250 \times 505} = 0.987\% \quad (\rho > \rho_{\min} = 0.2\% \text{ 防止少筋破坏})$$

查附表 14, 选用 4 Φ 20 ($A_s = 1257 \text{mm}^2$), 截面配筋如图 2-2 (b) 所示。

使用“单筋矩形截面梁正截面配筋计算”程序计算该例题, 结果如图 2-3 所示。

图 2-3 计算例 2-1 的程序界面

例 2-2 有一钢筋混凝土简支板, 5 级水工建筑物, 二类环境。材料采用: 混凝土 C20, 钢筋 HRB335。计算跨度 $l_0 = 2.5 \text{m}$, 均布活荷载标准值 $q_k = 5.0 \text{kN/m}^2$ (不包括自重), 如图 2-4 所示。试设计板厚并计算配筋。

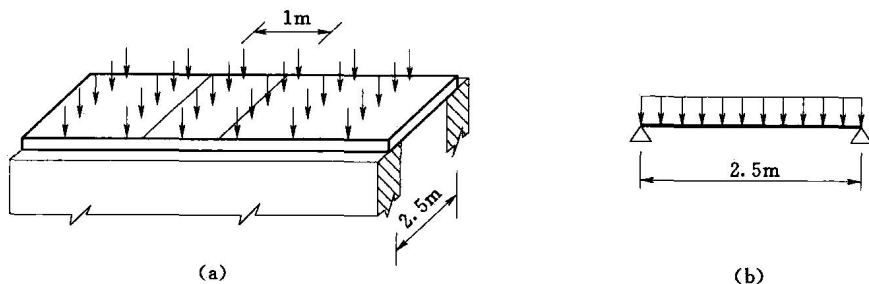


图 2-4 钢筋混凝土板及计算简图

【解】

根据题意: $f_c = 9.6 \text{N/mm}^2$, $f_y = 300 \text{N/mm}^2$, $c = 25 \text{mm}$, $K = 1.15$, $\xi_b = 0.55$ 。

取单宽 $b = 1 \text{m}$ 作为计算单元。设板厚为 $h = 110 \text{mm}$, 板承受的标准荷载计算如下:
计算荷载标准值:

$$g_k = 25 \text{kN/m}^3 \times 0.11 \text{m} \times 1 \text{m} \times 2.5 \text{m} \div 2.5 \text{m} = 2.75 \text{kN/m} \quad \text{—— 静荷载标准值}$$

$q_k = 5 \text{ kN/m}^2 \times 1 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} \div 2.5 \text{ m} = 5 \text{ kN/m}$ ——静荷载标准值
荷载基本组合跨中弯矩设计值:

$$M = \frac{1}{8} (1.05 g_k + 1.2 q_k) l_0^2 = \frac{1}{8} \times (1.05 \times 2.75 + 1.2 \times 5) \times 2.5^2 = 6.94 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

配筋计算:

$$h_0 = h - a_s = h - (c + d/2) = 110 - (25 + 10/2) = 80 (\text{mm})$$

$$\alpha_s = \frac{KM}{bh_0^2 f_c} = \frac{1.15 \times 6.94 \times 10^6}{1000 \times 80^2 \times 9.6} = 0.130$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.130} = 0.140 < 0.85 \xi_b = 0.85 \times 0.55 = 0.468$$

式中 ξ_b ——界限相对受压区高度,查附表8得到。

$$A_s = \xi \frac{f_c}{f_y} b h_0 = 0.140 \times \frac{9.6}{300} \times 1000 \times 80 = 358 (\text{mm}^2)$$

$$\rho = \frac{A_s}{bh_0} = \frac{358}{1000 \times 80} = 0.45\% > \rho_{\min} = 0.15\%$$

板的经济配筋率 (0.4%~0.8%)

查附表15,选受力钢筋 $\Phi 8@140$ ($A_s = 359 \text{ mm}^2$); 分布筋 $\Phi 6@200$ ($A_s = 141 \text{ mm}^2$)。截面配筋图如图2-5所示。

使用“单筋矩形截面梁正截面配筋计算”程序计算该例题,结果如图2-6所示。

梁、板、柱是钢筋混凝土结构中的基本构件,它们的正截面配筋计算是钢筋混凝土结构学中的重要内容。虽然配筋

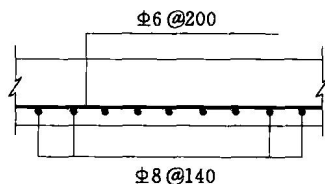


图2-5 板截面配筋图

图2-6 计算例2-2的程序界面

计算公式较多,但是这些公式的推导很有规律。如果掌握好这些规律,对这些配筋公式的