

高等学校试用教材

Jiegou Sheji Yuanli Jisuan Shili

结构设计原理计算示例

杨福源 冯国明 叶见曙 编
张树仁 审

人民交通出版社

前 言

《结构设计原理计算示例》主要是为配合《结构设计原理》课程的教学而编写的，其所依据的规范是交通部1985年后新颁发的有关公路桥涵设计规范（JTJ023—85, JTJ022—85和JTJ025—86等，以下统称为《公桥规》）。

本书分钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、砖、石及混凝土结构以及钢结构四篇共十五章，内容包括基本公式、计算示例和习题三部分，除此还有一些附表。鉴于有关计算原理已在课程教材中讲授，本书仅列出基本公式，以达到承前启后的目的。学生通过对本书算例的学习，可以加深对各类构件设计原理的理解，熟悉其具体的计算内容、步骤和方法以及构造要求等。为了满足教学的需要，各章（除第十章）后均附有习题，以供学生练习之用。本书可作为在校学生学习的参考书，也可供有关技术人员参考。

本书第一、二、三、七、八、十一、十二章由北京建筑工程学院冯国明编写，第四、五、六、十章由东南大学杨福源编写，第九、十三、十四、十五章由东南大学叶见曙编写，全书由哈尔滨建筑工程学院张树仁教授主审。

在本书编写过程中，交通部公路规划设计院郑绍珪高级工程师曾给予指导，并为本书编写了一个部分预应力混凝土梁的算例，在此表示衷心地感谢。

本书力求做到类型全面、解题正确、联系实际、便于应用，但由于编者水平有限，缺点和错误在所难免，恳请读者和同行专家批评指正。

(京)新登字091号

结构设计原理计算示例

杨福源 冯国明 叶见曙 编
张树仁 审

插图设计：王惠茹 正文设计：崔凤莲 责任校对：张莹

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街10号)

人民交通出版社印刷厂印刷

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：23 字数：571千

1994年6月 第1版

1994年6月 第1版 第1次印刷

印数：0001—5000 册 定价：10.60元

ISBN 7-114-01767-7

U · 01166

内 容 提 要

本书是根据现行公路桥梁设计规范而编写的与邵容光的《结构设计原理》配套使用的高等学校公路与城市道路工程专业、桥梁工程专业教材。其内容有钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、砖、石及混凝土结构、钢结构的示例与习题等四部分，每部分后，给出综合例题，并附有预应力混凝土轴向受力构件的示例和部分预应力混凝土梁的设计计算实例。

本书不仅为公路与城市道路工程专业、桥梁工程专业师生使用，亦可供其他有关专业工程设计人员使用参考。

目 录

第一篇 钢筋混凝土结构

基本符号.....	1
第一章 受弯构件正截面强度计算.....	4
一、单筋矩形截面.....	4
二、双筋矩形截面.....	15
三、翼缘位于受压区的单筋 T 形截面.....	23
习题.....	31
第二章 受弯构件斜截面强度计算.....	36
一、斜截面抗剪强度计算.....	36
二、综合例题.....	44
习题.....	50
第三章 受扭及弯扭构件的强度计算.....	52
一、矩形截面.....	52
二、T 形和箱形截面.....	53
习题.....	56
第四章 轴心受压构件的强度计算.....	58
一、配有普通箍筋的轴心受压构件——普通箍筋柱.....	58
二、配有螺旋式箍筋的轴心受压构件——螺旋箍筋柱.....	61
习题.....	66
第五章 偏心受压构件的强度计算.....	68
一、矩形截面构件.....	68
二、T 形和工形截面构件.....	89
三、圆形截面构件.....	103
习题.....	106
第六章 受拉构件的强度计算.....	110
一、轴心受拉构件.....	110
二、偏心受拉构件.....	110
习题.....	120
第七章 按容许应力法计算受弯构件.....	122
一、换算截面的几何特性计算.....	122
二、受弯构件正截面应力计算.....	124

三、受弯构件的主拉应力计算.....128

习题.....129

第八章 受弯构件裂缝及变形验算.....132

一、最大裂缝宽度验算.....132

二、受弯构件的变形验算.....134

习题.....138

第二篇 预应力混凝土结构

基本符号.....140

第九章 预应力混凝土受弯构件的设计与计算.....142

一、截面几何特性计算.....142

二、张拉控制应力和预应力损失.....148

三、正截面和斜截面强度计算.....161

四、施工和使用阶段的应力验算.....172

五、局部承压计算.....185

六、变形计算.....190

七、综合例题——先张法预应力混凝土简支空心板设计.....196

习题.....214

第十章 预应力混凝土轴向受力构件的强度计算.....217

一、轴心受压构件.....217

二、轴心受拉构件.....221

三、偏心受压构件.....221

四、偏心受拉构件.....229

第十一章 部分预应力混凝土受弯构件.....234

一、预应力钢筋与非预应力钢筋数量的确定.....234

二、B类构件的应力、裂缝和变形计算.....238

三、综合例题.....249

习题.....261

第三篇 砖、石及混凝土结构

第十二章 砖、石及混凝土构件的强度计算.....263

一、轴心受压构件.....263

二、偏心受压构件.....264

三、直接抗剪.....268

习题.....268

第四篇 钢 结 构

基本符号	269
第十三章 钢结构的连接	271
一、焊缝连接	271
二、铆钉与普通螺栓连接	282
三、高强螺栓连接	287
习题	291
第十四章 轴向受力构件及节点板	296
一、轴心受拉构件	296
二、实腹式轴心受压构件	299
三、组合式轴心受压构件	303
四、偏心受压及偏心受拉构件	308
五、钢桁架节点板	314
习题	319
第十五章 钢板梁	323
一、钢板梁的强度计算	323
二、钢板梁的总体稳定计算	325
三、钢板梁的局部稳定计算与加劲肋设计	326
四、钢板梁的挠度验算	331
习题	332
附表	334
参考文献	357

第一篇 钢筋混凝土结构

基本符号

内 力

- M_j ——计入安全系数的荷载引起的计算弯矩；
 M ——由使用荷载引起的弯矩；
 M_D ——由恒载引起的弯矩；
 M_L ——由活载引起的弯矩；
 N_j ——计入安全系数的荷载引起的计算纵向力；
 Q_j ——计入安全系数的荷载引起的计算剪力；
 Q ——由使用荷载引起的剪力；
 Q_{hk} ——斜截面内混凝土和箍筋共同的抗剪能力；
 Q_w ——斜截面内弯起钢筋的抗剪能力；
 Q'_{hk} ——由混凝土和箍筋共同承担的计算剪力；
 Q'_w ——由弯起钢筋承担的剪力；
 M_T ——计入安全系数的荷载引起的扭矩。

应 力

- σ_g 、 σ'_s ——受拉钢筋及受压钢筋的应力；
 σ_{zl} 、 σ_{za} ——混凝土主拉应力及主压应力；
 τ ——使用荷载在计算的主应力点产生的剪应力。

材 料 指 标

- E_g ——钢筋的弹性模量；
 E_h ——混凝土的弹性模量；
 R_g ——钢筋抗拉设计强度；
 R'_g ——钢筋抗压设计强度；
 R ——混凝土立方体抗压强度（标号）；
 R_a ——混凝土轴心抗压设计强度；
 R_l 、 R'_l ——混凝土抗拉设计强度及标准强度；
 R_{gk} ——箍筋抗拉设计强度；

R_{gw} ——弯起钢筋的抗拉设计强度；
 σ_{ha} 、 σ_{hl} ——混凝土法向压应力及拉应力；
 $[\sigma_w]$ ——混凝土弯曲受压容许应力；
 σ_g 、 $[\sigma_g]$ ——受拉钢筋应力及钢筋受拉容许应力。

几 何 特 性

L ——梁、板、拱等的计算跨径；
 L_0 ——板的净跨径；
 l_0 ——构件的计算长度；
 l ——构件支点间长度；
 a_g 、 a'_g ——钢筋 A_g 的合力点及 A'_g 的合力点到截面近边的距离；
 e ——纵向力至构件截面受拉边钢筋合力点的距离；
 e' ——纵向力至构件截面受压边钢筋合力点的距离；
 e_0 ——纵向力作用点至截面几何重心轴的距离；
 A_g 、 A'_g ——矩形截面大偏压或大偏拉构件纵向受拉钢筋及纵向受压钢筋的截面面积
 或小偏压或矩形截面小偏拉构件截面下边、上边纵向钢筋截面面积；
 A ——构件截面面积；
 A_0 ——构件换算截面面积或截面抵抗系数；
 A_k ——同一截面内箍筋总截面面积；
 A_w ——弯起钢筋的截面面积；
 A_{he} ——包罗在螺旋形箍筋或焊接圆环式箍筋内的混凝土核心面积；
 A_{ig} ——间接钢筋换算截面面积；
 a_k ——一肢箍筋的截面面积；
 a_j ——螺旋式配筋的截面面积；
 d ——构件圆截面的直径或钢筋直径；
 d_{he} ——构件核心直径；
 I_h ——混凝土截面惯性矩；
 I_0 ——换算截面惯性矩；
 I_{01} ——截面开裂后换算截面惯性矩；
 S_0 ——计算主应力点以上（或以下）部分的换算截面面积对换算截面重心轴的面积矩，或混凝土有效截面面积对受拉钢筋合力点的面积矩；
 s ——螺旋式配筋或钢筋网片的间距；
 s_k ——箍筋间距；
 b ——矩形截面宽度或T形截面腹板宽；
 b_i 、 h_i ——受拉翼缘宽度及厚度；
 b'_i 、 h'_i ——受压翼缘计算宽度及厚度；
 h ——截面高度；
 h_0 ——截面有效高度；
 h'_0 ——受压钢筋合力点至远边截面边缘的距离；

x ——混凝土受压区高度；
 r ——圆形截面半径、截面最小回转半径；
 c ——斜截面投影长度或承托长度；
 α ——弯起钢筋与构件纵向轴线夹角。

计 算 系 数

n ——钢筋与混凝土弹性模量比值；
 φ ——纵向弯曲系数；
 μ ——配筋率；
 μ_t ——间接钢筋体积配筋率；
 μ_k ——箍筋配筋率；
 p ——斜截面内纵向受拉钢筋的配筋率；
 η ——考虑挠度影响的纵向力偏心距增大系数；
 α_e ——考虑偏心距对 η 值的影响系数；
 γ_b ——构件工作条件系数；
 γ_c ——混凝土安全系数；
 γ_s ——钢筋安全系数；
 ξ ——计算的混凝土受压区高度系数；
 m ——斜截面顶端正截面处的剪跨比；
 g ——圆形截面受压构件钢筋半径相对系数；
 C_1 ——考虑钢筋表面形状系数；
 C_2 ——考虑荷载作用系数；
 C_3 ——与构件形式有关的系数。

第一章 受弯构件正截面强度计算

一、单筋矩形截面

〔基本公式〕 (图1-1)

$$R_g A_g = R_a b x \quad (1-1)$$

$$M_j \leq \frac{1}{\gamma_c} R_a b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (1-2)$$

$$\text{或} \quad M_j \leq \frac{1}{\gamma_s} R_g A_g \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (1-3)$$

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \mu \frac{R_g}{R_a} \quad (1-4)$$

适用条件:

$$x \leq \xi_{jg} h_0 \quad (1-5)$$

$$\mu \geq \mu_{min} \quad (1-6)$$

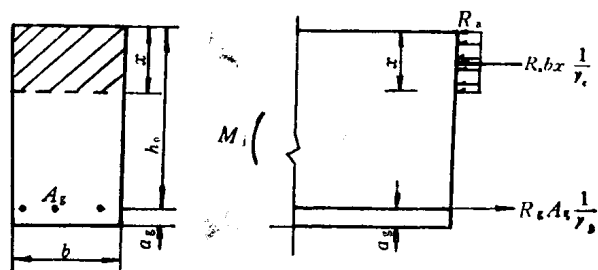


图1-1 单筋矩形截面计算图式

〔计算示例〕

例1-1 已知单筋矩形截面尺寸 $b = 25\text{cm}$, $h = 50\text{cm}$; 受弯构件承受计算弯矩 $M_j = 100\text{kN}\cdot\text{m}$; 所用混凝土标号为25号, II级钢筋。

求: 用基本公式计算所需受拉钢筋截面面积, 并画出配筋图。

解: 查附表1-1、1-3 得

$$R_a = 14.5\text{MPa}, R_g = 340\text{MPa}$$

1. 计算混凝土受压区高度

假设 $a_g = 4\text{cm}$

$$h_0 = h - a_g = 50 - 4 = 46\text{cm}$$

$$\text{由式(1-2)} \quad M_j \leq \frac{1}{\gamma_c} R_a b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$$

解得

$$\begin{aligned} x &= h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2\gamma_c M_j}{R_a b}} \\ &= \left[460 - \sqrt{460^2 - \frac{2 \times 1.25 \times 100 \times 10^6}{14.5 \times 250}} \right] / 10 \\ &= 8.23\text{cm} < \xi_{jg} h_0 = 0.55 \times 46 = 25.3\text{cm} \end{aligned}$$

满足《公桥规》要求。

2. 计算受拉钢筋截面面积

由式(1-1)可得

$$\begin{aligned} A_g &= \frac{R_a b x}{R_g} \\ &= \frac{14.5 \times 250 \times 82.3 \times 10^{-2}}{340} \\ &= 8.77 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

3. 选用钢筋、绘配筋图

选用 3 $\Phi 20$, 提供钢筋截面面积 $A_g = 9.42 \text{ cm}^2$ 。

钢筋布置如图1-2所示。

4. 验算配筋率

实际的有效梁高 $h_0 = 50 - \left(3 + \frac{2.2}{2} \right) = 45.9 \text{ cm}$

$$\mu = \frac{9.42}{25 \times 45.9} = 0.008 > \mu_{\min} = 0.0015$$

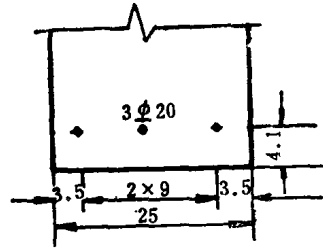


图1-2 纵向钢筋布置图
(单位: cm)

例1-2 已知一现浇整体式钢筋混凝土矩形截面简支板桥, 板厚 $h = 35 \text{ cm}$; 每米板宽承受跨中恒载弯矩 $M_D = 43.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$, 汽车荷载弯矩 $M_L = 111.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$, 荷载安全系数 $\gamma_d = 1.2$, $\gamma_L = 1.4$; 采用20号混凝土, II级钢筋。

试用查表法计算所需受拉钢筋截面面积并绘出配筋图。

解: 查附表1-1、1-3得 $R_a = 11 \text{ MPa}$, $R_g = 340 \text{ MPa}$

1.1 m板宽的计算弯矩

依据《公桥规》第4.1.2条规定, 荷载比例为

$$\frac{M_L}{M_D + M_L} = \frac{111.5}{43.7 + 111.5} \times 100\% = 71.8\% > 50\%$$

故荷载效应组合系数不再提高, 亦即

$$\begin{aligned} M_j &= 1.2 M_D + 1.4 M_L = 1.2 \times 43.7 + 1.4 \times 111.5 \\ &= 208.54 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

2. 计算受拉钢筋截面面积

设 $a_g = 3.5 \text{ cm}$, $h_0 = h - a_g = 35 - 3.5 = 31.5 \text{ cm}$

由《结构设计原理》(简称《结设》, 下同)式(3-21)得

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{\gamma_c M_j}{R_a b h_0^2} = \frac{1.25 \times 208.54 \times 10^6}{11 \times 1000 \times 315^2} \\ &= 0.239 \end{aligned}$$

查附表(1-7)得相应的系数

$$\begin{aligned} \xi &= 0.28 < \xi_{ig} = 0.55 \quad \text{符合要求。} \\ \gamma_0 &= 0.861 \end{aligned}$$

由《结设》式(3-23)得

$$A_g = \frac{\gamma_s M_j}{R_g \gamma_0 h_0}$$

$$= \frac{1.25 \times 208.54 \times 10^6}{340 \times 0.861 \times 315 \times 100} = 28.27 \text{ cm}^2$$

3. 选用钢筋并绘配筋图

由附表1-9查得1m板宽按计算配置受拉钢筋为 $\Phi 20$ ，间距为11cm，截面面积为 $A_s = 28.55 \text{ cm}^2$ 。配筋图如图1-3所示。应说明的是，实际整体板桥的配筋，考虑到车辆荷载在靠板边行驶时板内受力的不均匀性，除在板中间2/3范围内按计算需要配筋外，在两侧各1/6的范围内应比中间的要增加15%，即加密布置。

例1-3 已知矩形截面梁，计算弯矩 $M_i = 300 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ；采用25号混凝土，II级钢筋。

求：截面尺寸和受拉钢筋截面面积及其配筋图。

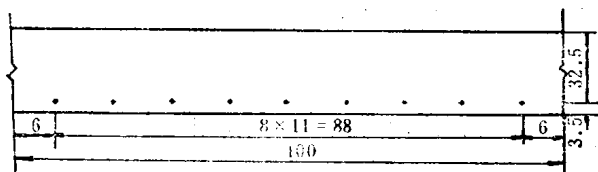


图1-3 1m板宽纵向钢筋布置图
(单位: cm)

解：查附表1-1、1-3得 $R_a = 14.5 \text{ MPa}$ ， $R_g = 340 \text{ MPa}$

1. 计算混凝土受压区高度系数

设 $\mu = 1\%$ 由式(1-4)得

$$\begin{aligned} \xi &= \mu \frac{R_g}{R_a} = 0.01 \times \frac{340}{14.5} \\ &= 0.234 < \xi_{ig} = 0.55 \end{aligned}$$

满足《公桥规》要求。

2. 计算梁高

设 $b = 25 \text{ cm}$

由式(1-2)可写成

$$M_i = \frac{1}{\gamma_0} \xi (1 - 0.5\xi) R_a b h_0^2$$

解得

$$\begin{aligned} h_0 &= \sqrt{\frac{\gamma_0 M_i}{\xi (1 - 0.5\xi) R_a b}} \\ &= \left[\sqrt{\frac{1.25 \times 300 \times 10^6}{0.234 \times (1 - 0.5 \times 0.234) \times 14.5 \times 250}} \right] / 10 \\ &= 70.76 \text{ cm} \end{aligned}$$

设 $a_g = 4 \text{ cm}$ ，则

$$h = h_0 + a_g = 70.76 + 4 = 74.76 \text{ cm}$$

取 $h = 75 \text{ cm}$

$$\frac{h}{b} = \frac{75}{25} = 3 \quad \text{在适宜高宽比范围内。}$$

3. 计算混凝土受压区高度

$$h_0 = h - a_g = 75 - 4 = 71 \text{ cm}$$

由式(1-2)解得

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2\gamma_c M_j}{bR_s}}$$

$$= \left[710 - \sqrt{710^2 - \frac{2 \times 1.25 \times 300 \times 10^8}{250 \times 14.5}} \right] / 10$$

$$= 16.5 \text{ cm} < \xi_{jg} \quad h_0 = 0.55 \times 71 = 39.05 \text{ cm}$$

满足《公桥规》要求。

4. 计算受拉钢筋截面面积

由式(1-1)得

$$A_g = \frac{R_a b x}{R_g} = \frac{14.5 \times 250 \times 165}{340 \times 100}$$

$$= 17.6 \text{ cm}^2$$

5. 选择钢筋

选用 3 $\Phi 28$, 钢筋截面面积 $A_g = 18.47 \text{ cm}^2$

单排布置时所需最小梁腹宽度

$$b_{\min} = 2 \times 2.5 + 3 \times 3.05 + 2 \times 3$$

$$= 20.15 \text{ cm}$$

$< b = 25 \text{ cm}$ 钢筋布置见图 1-4。

6. 验算最小配筋率

$$h_0 = h - a_g = 75 - 4.5 = 71.5 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{A_g}{b h_0} = \frac{18.47}{25 \times 71.5} = 0.01 > \mu_{\min} = 0.0015。$$

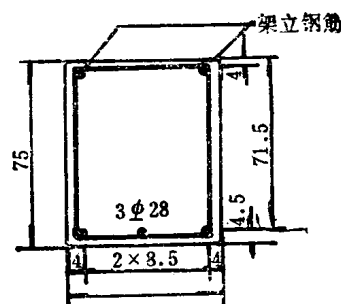


图1-4 钢筋布置图
(单位: cm)

满足要求。

7. 强度复核

《公桥规》规定, 当 II 级钢筋直径等于或大于 28 mm 时, 其设计强度取 320 MPa, 故应验算强度。

计算混凝土受压区高度

由式(1-1)得

$$x = \frac{R_g A_g}{R_a b} = \frac{320 \times 1847}{14.5 \times 250 \times 10}$$

$$= 16.3 \text{ cm} < \xi_{jg} h_0 = 0.55 \times 71.5 = 39.33 \text{ cm}$$

由式(1-2)可得截面抵抗弯矩为

$$\frac{1}{\gamma_c} R_a b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = \frac{1}{1.25} \times 14.5 \times 250 \times 163 \times \left(71.5 - \frac{16.3}{2} \right) \frac{1}{10^8}$$

$$= 299.46 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_j = 300 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

但误差仅为 0.18%。可以认为结构是安全的。

例1-4 已知矩形截面受弯构件截面尺寸 $b = 18\text{cm}$, $h = 40\text{cm}$, 承受计算弯矩 $M_j = 122\text{kN}\cdot\text{m}$, 采用25号混凝土, II级钢筋。

求: 按单筋矩形截面设计所必须的纵向受拉钢筋截面面积。

解: 查附表1-1、1-3得

$$R_a = 14.5\text{MPa}, R_g = 340\text{MPa}$$

1. 计算系数 A_0 和 ξ

设 $a_g = 4\text{cm}$

$$h_0 = h - a_g = 40 - 4 = 36\text{cm}$$

$$A_0 = \frac{\gamma_c M_j}{R_a b h_0^2} = \frac{1.25 \times 122 \times 10^6}{14.5 \times 180 \times 36^2} = 0.451$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2A_0} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.451} = 0.686 > \xi_{jg} = 0.55$$

不符合式(1-5)条件。计算表明, 该梁为一超筋梁, 发生破坏时为脆性破坏, 这种情况在工程中应予避免。此例说明在给定的条件下不能设计出单筋截面的适筋梁。应修改截面设计, 加大截面尺寸, 提高混凝土标号或改为双筋截面等。比例要求仍按单筋截面设计, 并用修改截面尺寸的方法设计此截面, 即重新确定截面尺寸。

2. 重新确定截面尺寸

设 $\mu = 1\%$, 则

$$\xi = \mu \frac{R_g}{R_a} = 0.01 \times \frac{340}{14.5} = 0.234 < \xi_{jg} = 0.55$$

设

$$\frac{h}{b} \approx \frac{h_0}{b} = 2.5$$

由

$$M_j = \frac{1}{\gamma_c} A_0 R_a b h_0^2 = \frac{1}{\gamma_c} A_0 R_a \frac{1}{2.5} h^3$$

得

$$h_0 = \sqrt[3]{\frac{2.5 \gamma_c M_j}{A_0 R_a}} = \left[\sqrt[3]{\frac{2.5 \times 1.25 \times 122 \times 10^6}{0.234 (1 - 0.5 \times 0.234) \times 14.5}} \right] \frac{1}{10} = 50.3\text{cm}$$

故

$$h = h_0 + a_g = 50.3 + 4 = 54.3\text{cm}$$

根据强度及模数要求, 取

$$h = 55\text{cm}, b = 20\text{cm}$$

$$h_0 = h - a_g = 55 - 4 = 51\text{cm}$$

3. 计算受拉钢筋截面面积

$$A_0 = \frac{\gamma_c M_j}{R_a b h_0^2} = \frac{1.25 \times 122 \times 10^6}{14.5 \times 200 \times 51^2} = 0.202$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2A_0} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.202} = 0.228 < \xi_{jg} = 0.55$$

满足要求。

$$\gamma_s = 1 - 0.5\xi = 1 - 0.5 \times 0.228 = 0.886$$

$$A_g = \frac{\gamma_s M_j}{R_g \gamma_0 h_0} = \frac{1.25 \times 122 \times 10^6}{340 \times 0.886 \times 510 \times 10^2} = 9.93\text{cm}^2$$

$$\mu = \frac{A_g}{bh_0} = \frac{993}{200 \times 510} = 0.0097 > \mu_{\min} = 0.0015$$

计算结果表明,此题依然按单筋矩形截面设计,其截面尺寸可改为 $b=20\text{cm}$, $h=55\text{cm}$; 所需纵向受拉钢筋截面面积为 9.93cm^2 。

例1-5 某桥梁工程中,有一矩形钢筋混凝土梁,计算弯矩 $M_j = 122\text{kN}\cdot\text{m}$,拟用25号混凝土,II级钢筋。设计人员有三种意见,其截面 bh 分别为 $18 \times 40\text{cm}$, $40 \times 120\text{cm}$ 和 $20 \times 50\text{cm}$,若不计恒载时,试判断哪种截面合适?为什么?

解:查附表1-1、1-3得

$$R_a = 14.5\text{MPa}, R_g = 340\text{MPa}$$

1.分别计算各截面的系数 A_0 、 ξ 和 μ 值

设 $a_g = 4\text{cm}$, $h_0 = h - a_g$

(1)计算截面尺寸为 $18\text{cm} \times 40\text{cm}$ 的系数

$$A_0 = \frac{\gamma_c M_j}{R_a b h_0^2} = \frac{1.25 \times 122 \times 10^6}{14.5 \times 180 \times (400 - 40)^2} = 0.451$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2A_0} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.451} = 0.687$$

$$> \xi_{ig} = 0.55 \quad \text{为超筋梁。}$$

(2)计算截面尺寸为 $40\text{cm} \times 120\text{cm}$ 的系数

$$A_0 = \frac{\gamma_c M_j}{R_a b h_0^2} = \frac{1.25 \times 122 \times 10^6}{14.5 \times 400 \times (1200 - 40)^2} = 0.0195$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2A_0} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.0195} = 0.0197$$

$$< \xi_{ig} = 0.55$$

$$\mu = \xi \frac{R_a}{R_g} = 0.0197 \times \frac{14.5}{340} = 0.0008$$

$< \mu_{\min} = 0.0015$ 为少筋梁。

(3)计算截面尺寸为 $20\text{cm} \times 50\text{cm}$ 的系数

$$A_0 = \frac{\gamma_c M_j}{R_a b h_0^2} = \frac{1.25 \times 122 \times 10^6}{14.5 \times 200 \times (500 - 40)^2} = 0.248$$

查附表1-7得

$$\xi = 0.290 < \xi_{ig} = 0.55$$

$$\mu = \xi \frac{R_a}{R_g} = 0.290 \times \frac{14.5}{340} = 0.012$$

$> \mu_{\min} = 0.0015$ 为适筋梁。

2.采用截面尺寸为 $20\text{cm} \times 50\text{cm}$ 作为设计截面,因为它是适筋梁。

例1-6 已知一计算跨径 $l = 6\text{m}$ 的钢筋混凝土简支梁桥,承受永久桥载(不包括梁体自重) $g_1 = 6.38\text{kN/m}$,均布可弯荷载(汽车) $q = 7.5\text{kN/m}$ 。

试设计矩形截面梁的尺寸及配筋。

解:1.选择材料及确定截面尺寸

选用20号混凝土,纵向受拉钢筋为II级钢,这时,查附表1-1、1-3得

$$R_a = 11\text{MPa}, R_g = 340\text{MPa}$$

梁的截面尺寸按设计经验采用

$$h = \frac{l}{12} = \frac{6000}{12} = 500 \text{ mm}$$

$$b = \frac{h}{2.5} = \frac{500}{2.5} = 200 \text{ mm}$$

2. 确定计算弯矩

钢筋混凝土容重为 25 kN/m^3 ，一根梁承担的永久荷载为

$$g = 0.5 \times 0.2 \times 25 + 6.38 = 8.88 \text{ kN/m}$$

荷载比例

$$\begin{aligned} \frac{q}{g+q} \times 100\% &= \frac{7.5}{8.88+7.5} \times 100\% \\ &= 46\% > 33\% \end{aligned}$$

根据《公桥规》第4.1.2条规定，计算荷载效应提高3%，即

$$\begin{aligned} G &= 1.03(1.2 \times 8.88 + 1.4 \times 7.5) \\ &= 21.79 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

计算弯矩

$$\begin{aligned} M_j &= \frac{1}{8} G l^2 = \frac{1}{8} \times 21.79 \times 6^2 \\ &= 98.06 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

3. 配筋计算

设 $a_g = 40 \text{ mm}$ ， $h_0 = 500 - 40 = 460 \text{ mm}$

由式(1-1)、(1-2) $R_a b x = R_g A_g$ 即 $11 \times 200 x = 340 A_g$

$$M_j = \frac{1}{\gamma_c} R_a b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$$

$$\text{即} \quad 98.06 \times 10^8 = \frac{1}{1.25} \times 11 \times 200 x \left(460 - \frac{x}{2} \right)$$

解：

$$x = 143 \text{ mm}$$

$$A_g = 925 \text{ mm}^2$$

选用 3 $\Phi 20$ ，提供 $A_g = 942 \text{ mm}^2$ 。

4. 验算适用条件

混凝土受压区高度

$$x = 143 \text{ mm} < \xi_{ig} h_0 = 0.55 \times 460 = 253 \text{ mm}$$

纵向受拉钢筋配筋率

$$\mu = \frac{A_g}{b h_0} = \frac{942}{200 \times 460} = 0.0102 > \mu_{\min} = 0.0015$$

满足《公桥规》的要求。

例1-7 已知条件同例1-6，但改变以下条件，试计算纵向钢筋用量。

(1) 若仅把混凝土标号提高一倍达 $R = 40$ 号，其它条件不变；

(2) 若仅把纵向受拉钢筋改为III级钢，即 $R_g = 380 \text{ MPa}$ ，其它条件不变；