

混凝土结构截面 计算实例

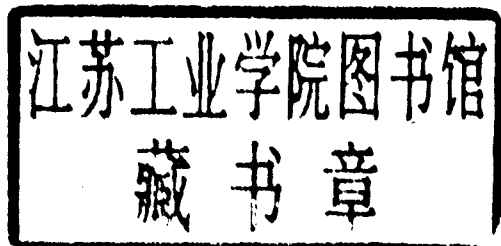
黄成若 主编

中航出版社

TU311.6
185H
1

混凝土结构截面计算实例

黄成若 喻永言 蓝宗建 鲍质孙
陈止戈 周旺华 沈在康 林春哲



学 苑 出 版 社

内容简介

本书针对我国新修订的《混凝土结构设计规范》GBJ10-89的内容,选编了83个有代表性的工程实例进行分析演算,以提高读者处理问题的能力,达到举一反三的效果。

例题范围有:拉、压、弯、剪、扭构件截面承载力计算;冲切、局压、疲劳验算;抗裂性能、裂缝宽度及刚度计算;剪力墙、叠合构件、深梁、牛腿、预埋件计算;结构构件抗震设计等。

混凝土结构截面计算实例

黄成若 主编

责任编辑: 林茂燕

宇航出版社出版
北京和平里滨河路1号
邮政编码 100013
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经销
北京三环印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 8.875 字数: 196千字
1990年10月第一版第一次印刷 印数: 1-12000册
ISBN7-80034-396-0/TU·003 定价: 4.50元

前言

我国新修订的《混凝土结构设计规范》GBJ10-89，已于今年1月1日起在全国施行，与原《钢筋混凝土结构设计规范》TJ10-74相比，新规范在设计理论和设计方法上均有重大修改，并补充了许多新内容。为使广大工程技术人员及时掌握新规范、应用新规范，由修订组部分成员编写了这本《混凝土结构截面计算实例》。

参加本书编写工作的有：黄成若（压、弯、扭构件截面计算；剪力墙、牛腿、预埋件计算；构件抗震设计）；鲍质孙（双弯、双拉构件截面计算）；喻永言（斜截面受剪计算）；蓝宗建（冲切、局压计算；裂缝、刚度计算）；沈在康（疲劳计算）；陈止戈（深梁计算）；周旺华（叠合构件计算）；林春哲（圆形截面偏压计算）。全书由黄成若修改定稿。

由于编写时间仓促，加上我们水平有限，本书错误和不妥之处在所难免，希望读者批评指正。

编者 1990.9.22

注：黄成若、沈在康、林春哲系中国建筑科学研究院高级工程师；
喻永言系同济大学副教授；
鲍质孙系国家机械委工程设计研究院高级工程师；
蓝宗建系东南大学副教授；
陈止戈系华南理工大学教授；
周旺华系武汉工业大学教授。

目录

第一章 承载能力极限状态计算.....	1
第一节 正截面承载力计算.....	1
第二节 斜截面承载力计算.....	45
第三节 扭曲截面承载力计算.....	60
第四节 受冲切承载力计算.....	65
第五节 局部受压承载力计算.....	70
第六节 疲劳强度验算.....	74
第二章 正常使用极限状态验算.....	82
第一节 裂缝宽度验算.....	82
第二节 抗裂和挠度验算.....	84
第三章 结构构件计算.....	98
第一节 剪力墙计算.....	98
第二节 叠合构件计算.....	102
第三节 深梁计算.....	114
第四节 牛腿计算.....	121
第五节 预埋件计算.....	122
第四章 结构构件抗震设计.....	129
第一节 框架结构抗震设计.....	129
第二节 剪力墙结构抗震设计.....	136
参考书籍.....	138

第一章 承载力极限状态计算

第一节 正截面承载力计算

(I) 受弯构件

(一) 单筋矩形截面

〔例1.1-1〕 梁截面尺寸 $b \times h = 200 \times 600 \text{mm}$ ，承受弯矩 $M = 121.1 \text{kN} \cdot \text{m}$ ，混凝土强度等级为C15，钢材为I级钢筋。

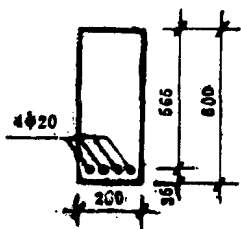


图1.1-1 单筋矩形截面

求：受拉钢筋截面面积

〔解〕 1. 直接按规范公式计算

(1) 计算混凝土受压区高度

$$f_{cm} = 8.5 \text{N/mm}^2; f_y = 210 \text{N/mm}^2$$

$$a_s = 35 \text{mm}; h_0 = 600 - 35 = 565 \text{mm}$$

按规范公式(4.1.3-1)：

$$\xi_b = \frac{0.8}{1 + \frac{f_y}{0.0033E_s}} = \frac{0.8}{1 + \frac{210}{0.0033 \times 2.1 \times 10^5}} = 0.614$$

按规范公式(4.1.5-1)：

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2M}{f_{cm}b}} = 565 - \sqrt{565^2 - \frac{2 \times 1211 \times 10^5}{85 \times 200}} = 145 \text{mm}$$

$x < \xi_b h_0 = 347 \text{mm}$ ，符合要求。

(2) 计算受拉钢筋截面面积

按规范公式(4.1.5-2)：

$$A_s = \frac{f_{cm}bx}{f_y} = \frac{8.5 \times 200 \times 145}{210} = 1174 \text{mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bh_0} = \frac{1174}{200 \times 565} = 1.0\%$$

$\rho > \rho_{min} = 0.15\%$ ，符合规定。

2. 查表格计算

上述直接按规范公式计算，一般要解二次方程式，其计算过程比较费事。为了便于实用需要，习惯采用查表格进行求解。

(1) 计算混凝土相对受压区高度

按规范公式(附3-3):

$$\alpha_s = \frac{M}{f_{cm} b h_0^2} = \frac{1211 \times 10^5}{8.5 \times 200 \times 565^2} = 0.223$$

查规范附表3: $\xi = 0.255$, $\gamma_s = 0.873$

$\xi < \xi_b = 0.614$, 符合要求。

(2) 计算受拉钢筋截面面积

按规范公式(附3-1):

$$A_s = \frac{M}{\gamma_s f_y h_0} = \frac{1211 \times 10^5}{0.873 \times 210 \times 565} = 1169 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b h_0} = \frac{1169}{200 \times 565} = 1.0\%$$

$\rho > \rho_{min} = 0.15\%$, 符合规定。

查规范附表9: 选用4 Φ 20 ($A_s = 1256 \text{ mm}^2$)。选用钢筋时, 纵向受力钢筋的直径、数量、净距应符合规范第7.2.1条的要求。箍筋的间距应符合规范第7.2.7条的要求。

〔例1.1-2〕 梁截面尺寸 $b \times h = 200 \times 450 \text{ mm}$, 受拉钢筋为4 Φ 16 ($A_s = 804 \text{ mm}^2$)

混凝土强度等级为C20, 承受弯矩 $M = 88 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

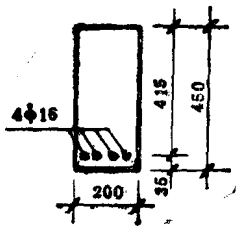


图1.1-2 单筋矩形截面

求: 验算梁的截面是否安全

〔解〕 1. 计算混凝土受压区高度

$$f_{cm} = 11 \text{ N/mm}^2; f_y = 310 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha_s = 35 \text{ mm}; h_0 = 450 - 35 = 415 \text{ mm}$$

按规范公式(4.1.3-1):

$$\xi_s = \frac{0.8}{1 + \frac{f_y}{0.0033 E_s}} = \frac{0.8}{1 + \frac{310}{0.0033 \times 2 \times 10^5}} = 0.544$$

按规范公式(4.1.5-2):

$$x = \frac{f_y A_s}{f_{cm} b} = \frac{310 \times 804}{11 \times 200} = 113 \text{ mm}$$

$x < \xi_s h_0 = 226 \text{ mm}$, 符合要求。

2. 计算截面承载力

按规范公式(4.1.5-1):

$$\begin{aligned} M &= f_{cm} b x (h_0 - x/2) = 11 \times 200 \times 113 \times (415 - 113/2) = 891 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm} \\ &= 89.1 \text{ kN} \cdot \text{m} > 88 \text{ kN} \cdot \text{m}, \text{ 安全。} \end{aligned}$$

〔例1.1-3〕 某走廊为单跨简支板，承受弯矩 $M=3.76\text{kN}\cdot\text{m}$ ，混凝土强度等级为C20，钢材为I级钢筋。

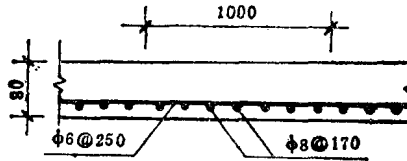


图1.1-3 单向简支板

求：板厚及受拉钢筋截面面积

〔解〕 1. 计算混凝土相对受压区高度

设板厚为80mm。

$$f_{cm}=11\text{N/mm}^2; f_y=210\text{N/mm}^2$$

$$a_s=20\text{mm}; h_0=80-20=60\text{mm}$$

按规范公式(附3-3)：

$$\alpha_s = \frac{M}{f_{cm} b h_0^2} = \frac{37.6 \times 10^5}{11 \times 1000 \times 60^2} = 0.095$$

查规范附表3； $\xi=0.10$ ， $\gamma_s=0.95$

$\xi < \xi_b=0.614$ ，符合要求。

2. 计算受拉钢筋截面面积

按规范公式(附3-1)：

$$A_s = \frac{M}{\gamma_s f_y h_0} = \frac{37.6 \times 10^5}{0.958 \times 210 \times 60} = 311.5\text{mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bh_0} = \frac{311.5}{1000 \times 60} = 0.5\%$$

$\rho > \rho_{min}=0.15\%$ ，符合规定。

选用 $\phi 8@140\text{mm}$ （每米内 $A_s=352\text{mm}^2$ ）。垂直于受力钢筋放置 $\phi 6@250\text{mm}$ 的分布钢筋。

（二）双筋矩形截面

一般情况下采用双筋截面是不经济的，但在下列情况可以采用：

1. 梁承受的弯矩较大，而截面尺寸受到限制，混凝土强度等级又不能提高，以致采用单筋截面又不符合 $\alpha \leq \xi_b h_0$ 的要求时，就只能设计成双筋截面。

2. 当梁的截面承受正负弯矩作用时，也应设计成双筋截面。

双筋截面梁可以提高截面的延性以及减小使用阶段的变形。

〔例1.1-4〕 梁截面尺寸 $b \times h = 200 \times 400 \text{ mm}$ ，承受弯矩 $M = 135 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ，混凝土强度等级为C20，钢材为Ⅰ级钢筋。

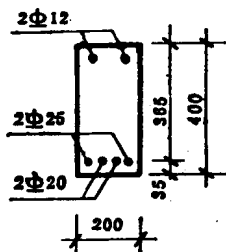


图1.1-4 双筋矩形截面

求：受压及受拉钢筋的截面面积

〔解〕 1. 验算截面条件

$$f_{cm} = 11 \text{ N/mm}^2; f_y = f'_y = 310 \text{ N/mm}^2$$

$$a'_s = a_s = 35 \text{ mm}; h_0 = 400 - 35 = 365 \text{ mm}$$

按规范公式(4.1.3-1)： $\xi_b = 0.544$

以 $\xi = \xi_b$ 代入规范公式(4.1.5-1)，

则得单筋矩形截面所能承受的最大弯矩：

$$\begin{aligned} M_{m,x} &= f_{cm} b \xi_b h_0^2 (1 - \xi_b/2) = 11 \times 200 \times 0.544 \times 365^2 (1 - 0.544/2) \\ &= 1161 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm} = 119.3 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

由于 $M_{m,x} < M$ ，这表明如果采用单筋矩形截面，将会出现 $\xi > \xi_b$ 的情况，这不符合规范公式(4.1.5-3)的要求。若截面尺寸不能加大，混凝土强度等级又不能提高，则应设计成双筋矩形截面。

2. 计算受压及受拉钢筋的截面面积

设计双筋截面时，为了节约钢材，应充分利用混凝土的受压承载力，且仅当 $\xi = \xi_b$ ，这时求得的 A'_s 才能最经济。

以 $\xi = \xi_b$ 代入规范公式(4.1.5-1)：

$$\begin{aligned} A'_s &= \frac{M - f_{cm} b \xi_b h_0^2 (1 - \xi_b/2)}{f'_y (h_0 - a'_s)} \\ &= \frac{1350 \times 10^5 - 11 \times 200 \times 0.544 \times 365^2 (1 - 0.544/2)}{310 \times (365 - 30)} \\ &= 182 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

以 $\xi = \xi_b$ 代入规范公式(4.1.5-2)：

$$A_s = \frac{f_{cm} b \xi_b h_0}{f_y} + A'_s = \frac{11 \times 200 \times 0.544 \times 365}{310} + 182 = 1591 \text{ mm}^2$$

选用受压钢筋 $2\Phi 12$ ($A'_s = 226 \text{ mm}^2$)，受拉钢筋 $2\Phi 20 + 2\Phi 25$ ($A_s = 1610 \text{ mm}^2$)。

〔例1.1-5〕 同例1.1-4，但在受压区已配置 $2\Phi 16$ ($A'_s = 402 \text{ mm}^2$)。

求：受拉钢筋截面面积

〔解〕 1. 分解弯矩

将 M 分解为两部分：

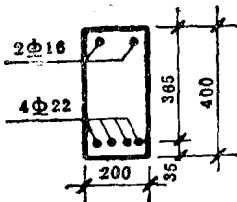


图1.1-5 双筋矩形截面

$$M = M_1 + M_2$$

此处, M_1 为已知受压钢筋 A'_1 和相应受拉钢筋 A_{s1} 承受的弯矩, M_2 为受压区混凝土和相应受拉钢筋 A_{s2} 承受的弯矩。

$$\begin{aligned} M_1 &= f_y' A'_1 (h_0 - a'_s) = 310 \times 402 \times \\ &\quad (365 - 35) \\ &= 411.2 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

$$M_2 = M - M_1 = 1350 \times 10^5 - 411.2 \times 10^5 = 938.8 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

2. 计算受拉钢筋截面面积

A_{s2} 由 M_2 按单筋截面求出。

按规范公式(附3-3):

$$\alpha_s = \frac{M_2}{f_{cm} b h_0^2} = \frac{938.8 \times 10^5}{11 \times 200 \times 365^2} = 0.32$$

查规范附表3: $\xi = 0.4$, $\gamma_s = 0.8$

$\xi < \xi_b = 0.544$, 符合要求。

又, $x = \xi h_0 = 0.4 \times 365 = 146 \text{ mm}$

$x > 2a'_s = 70 \text{ mm}$, 符合要求。

按规范公式(附3-1):

$$A_{s2} = \frac{M_2}{\gamma_s f_y h_0} = \frac{938.8 \times 10^5}{0.8 \times 310 \times 365} = 1037 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = \frac{f_y'}{f_y} A'_1 + A_{s2}$$

$$= \frac{310}{310} \times 402 + 1037 = 1439 \text{ mm}^2$$

选用受拉钢筋4Φ22 ($A_s = 1520 \text{ mm}^2$)。

比较上述二例, 在例1.1-4中计算所需钢筋面积 ($A_s + A'_s$) 仅为 1773 mm^2 , 在例1.1-5中则为 1841 mm^2 。由此可见, 当 A_s 及 A'_s 均为未知时, 若取 $\xi = \xi_b$, 所求得 ($A_s + A'_s$) 的总用量为最少。

【例1.1-6】板厚 $h = 250 \text{ mm}$, 在1米宽的板中承受弯矩 $M = 60 \text{ kN} \cdot \text{m}$, 由于弯矩

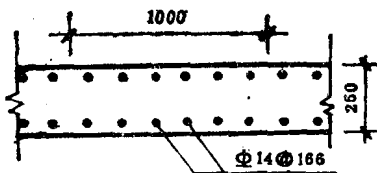


图1.1-6 双筋截面板

作用大小相等, 方向相反, 采用对称配筋, 混凝土强度等级为C20, 钢材为Ⅱ级钢筋。

求: 钢筋截面面积

〔解〕 1. 验算截面条件

$$f_{cm} = 11 \text{ N/mm}^2; f_y = 310 \text{ N/mm}^2$$

$$a_s = a'_s = 30 \text{ mm};$$

$$h_0 = 250 - 30 = 220 \text{ mm}$$

按规范公式(附3-3):

$$\alpha_s = \frac{M}{f_{cm} b h_0^2} = \frac{600 \times 10^5}{11 \times 1000 \times 220^2} = 0.113$$

查规范附表3: $\xi = 0.12$

$\xi < \xi_b = 0.544$, 符合要求。

$$\text{又 } x = \xi h_0 = 0.12 \times 220 = 26 \text{ mm}$$

$x < 2a'_s = 60 \text{ mm}$, 不符合规范公式(4.1.5-4)的要求, 于是, 在计算 A_s 时不考虑受压钢筋参加工作。

2. 计算受拉钢筋截面面积

按规范公式(4.1.5-2):

$$A_s = \frac{f_{cm} b x}{f_y} = \frac{11 \times 1000 \times 26}{310} = 923 \text{ mm}^2$$

对称配筋, 取 $A'_s = A_s = 923 \text{ mm}^2$

若考虑受压钢筋参加工作, 按规范公式(4.1.9):

$$A_s = \frac{M}{f_y (h - a_s - a'_s)} = \frac{600 \times 10^5}{310 \times (250 - 30 - 30)} = 1019 \text{ mm}^2$$

A_s 后者比前者大10.4%, 本例按前者取用, 以节约钢材。

选用受拉钢筋 $\Phi 14 @ 166$ (每米内 $A_s = 923 \text{ mm}^2$)。

〔例1.1-7〕 梁截面尺寸 $b \times h = 150 \times 350 \text{ mm}$, 混凝土强度等级为C20, 钢材为Ⅱ级钢筋, $A'_s = 157 \text{ mm}^2$, $A_s = 1140 \text{ mm}^2$ 。

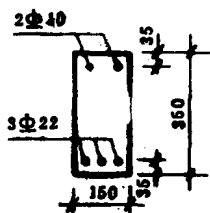


图1.1-7 双筋矩形截面

求: 截面承载力

〔解〕 1. 计算混凝土受压区高度

$$f_{cm} = 11 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_y = f'_y = 310 \text{ N/mm}^2$$

$$a_s = a'_s = 35 \text{ mm};$$

$$h_0 = 350 - 35 = 315 \text{ mm}$$

按规范公式(4.1.5-2):

$$x = \frac{f_y A_s - f'_y A'_s}{f_{cm} b} = \frac{310 \times 1140 - 310 \times 157}{11 \times 150} = 185 \text{ mm}$$

$x > \xi_b h_0 = 171 \text{ mm}$, 不符合规范公式(4.1.5-3)的要求。

这说明钢筋不能全部发挥作用。按规范第4.1.8条规定，现取 $x=\xi_b h_0$ 。

2. 计算截面承载力

以 $x=\xi_b h_0$ 代入规范公式(4.1.5-1)：

$$\begin{aligned} M &= f_{cm} b h_0^2 \xi_b (1 - 0.5 \xi_b) + f_y' A_s' (h_0 - a_s') \\ &= 11 \times 150 \times 315^2 \times 0.544 \times (1 - 0.5 \times 0.544) + 310 \times 157 \times (315 - 35) \\ &= 784.7 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm} = 78.47 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

(三) 中和轴位于翼缘内的T形截面

这种类型与梁宽为 b_f' 的矩形截面完全相同。这是因为受压区面积仍为矩形，而受拉区形状与承载力计算无关。

〔例1.1-8〕 某整体式肋形楼盖中的次梁，其截面尺寸 $b \times h = 220 \times 600 \text{ mm}$ ， $b_f' = 2000 \text{ mm}$ ， $h_f' = 90 \text{ mm}$ ，承受弯矩 $M = 250 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ，混凝土强度等级为C20，钢材为Ⅱ级钢筋。

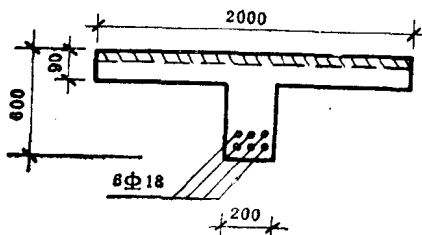


图1.1-8 单筋T形截面

求：受拉钢筋截面面积

〔解〕 1. 确定中和轴位置

$$f_{cm} = 11 \text{ N/mm}^2; f_y = 310 \text{ N/mm}^2$$

因弯矩较大，次梁截面宽度较窄，设受拉钢筋排成两排，取

$$h_0 = h - a_s = 600 - 60 = 540 \text{ mm}$$

设中和轴位于翼缘与梁肋交界处，则翼缘承受的弯矩：

$$\begin{aligned} M' &= f_{cm} b_f' h_f' (h_0 - h_f'/2) = 11 \times 2000 \times 90 \times (540 - 90/2) \\ &= 9801 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

由于 $M' > M$ ，故中和轴位于翼缘内。

2. 计算受拉钢筋截面面积

A_s 由 M 按单筋矩形截面求出。

按规范公式(附3-3)：

$$\alpha_s = \frac{M}{f_{cm} b_f' h^2} = \frac{2500 \times 10^5}{11 \times 2000 \times 540^2} = 0.039$$

查规范附表3: $\xi=0.04$, $\gamma_s=0.98$

$$x = \xi h_0 = 0.04 \times 540 = 22 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{M}{\gamma_s f_y h_0} = \frac{2500 \times 10^5}{0.98 \times 310 \times 540} = 1524 \text{ mm}^2$$

选用 $6\Phi 18$ ($A_s = 1526 \text{ mm}^2$)。

〔例1.1-9〕 T形梁截面尺寸 $b \times h = 200 \times 600 \text{ mm}$, $b'_f = 500 \text{ mm}$, $h'_f = 80 \text{ mm}$, 混凝土强度等级为C20, 受拉钢筋为 $4\Phi 20$ ($A_s = 1256 \text{ mm}^2$)。

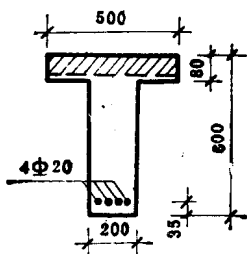


图1.1-9 单筋T形截面

求: 截面承载力

〔解〕 1. 确定中和轴位置

$$f_{cm} = 11 \text{ N/mm}^2; f_y = 310 \text{ N/mm}^2$$

$$a_s = 35 \text{ mm}; h_0 = 600 - 35 = 565 \text{ mm}$$

按规范公式 (4.1.5-2):

$$x = \frac{f_y A_s}{f_{cm} b'_f} = \frac{310 \times 1256}{11 \times 500} = 71 \text{ mm}$$

由于 $x < h'_f$, 故中和轴位于翼缘内。

2. 计算截面承载力

按规范公式 (4.1.5-1):

$$\begin{aligned} M &= f_{cm} b'_f x (h_0 - x/2) = 11 \times 500 \times 71 \times (565 - 71/2) \\ &= 2068 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm} = 206.8 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

(四) 中和轴位于梁肋内的T形截面

这种类型翼缘挑出部分全部受压, 其截面强度与梁肋取相同值 (f_{cm})。

〔例1.1-10〕 T形梁截面尺寸 $b \times h = 300 \times 700 \text{ mm}$, $b'_f = 600 \text{ mm}$, $h'_f = 120 \text{ mm}$, 承受弯矩 $M = 520 \text{ kN} \cdot \text{m}$, 混凝土强度等级为C20, 钢材为Ⅱ级钢筋。

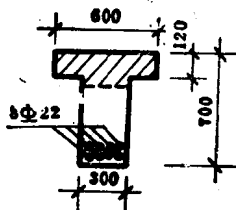


图1.1-10 单筋T形截面

求: 受拉钢筋的截面面积

〔解〕 1. 确定中和轴位置

$$f_{cm} = 11 \text{ N/mm}^2;$$

$$f_y = 310 \text{ N/mm}^2$$

设受拉钢筋排成两排, 取

$$h_0 = 700 - 60 = 640 \text{ mm}$$

设中和轴位于翼缘与梁肋交界处, 则

翼缘承受的弯矩:

$$M' = f_{cm} b'_t h'_t (h_0 - h'_t/2) = 11 \times 600 \times 120 \times (640 - 120/2) \\ = 4594 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm} = 459.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

由于 $M' < M$, 故中和轴位于梁肋内。

2. 分解弯矩

将 M 分解为两部分: $M = M_1 + M_2$

此处, M_1 为翼缘挑出部分混凝土和相应受拉钢筋 A_{s1} 承受的弯矩; M_2 为梁肋受压区混凝土和相应受拉钢筋 A_{s2} 承受的弯矩。

$$M_1 = f_{cm} (b'_t - b) (h_0 - h'_t/2) h'_t \\ = 11 \times (600 - 300) \times (640 - 120/2) \times 120 \\ = 2297 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_2 = M - M_1 = 5200 \times 10^5 - 2297 \times 10^5 = 2903 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

3. 计算受拉钢筋截面面积

按内力平衡条件:

$$A_{s1} = \frac{f_{cm} (b'_t - b) h'_t}{f_y} = \frac{11 \times (600 - 300) \times 120}{310} = 1277 \text{ mm}^2$$

A_{s2} 由 M_2 按单筋截面求出。

按规范公式(附3-3):

$$\alpha_s = \frac{M_2}{f_{cm} b h_0^2} = \frac{2903 \times 10^5}{11 \times 300 \times 640^2} = 0.215$$

查规范附表3: $\xi = 0.245$, $\gamma_s = 0.878$

$\xi < \xi_b = 0.544$, 符合要求。

按规范公式(附3-1):

$$A_{s2} = \frac{M_2}{\gamma_s f_y h_0} = \frac{2903 \times 10^5}{0.878 \times 310 \times 640} = 1667 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 2944 \text{ mm}^2$$

选用受拉钢筋 $8\Phi 22 (A_s = 3041 \text{ mm}^2)$

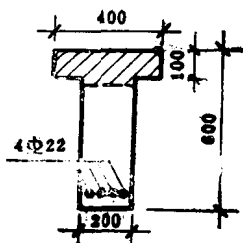


图1.1-11 单筋T形截面

〔例1.1-11〕 T形梁截面尺寸 $b \times h = 200 \times 600 \text{ mm}$, $b'_t = 400 \text{ mm}$, $h'_t = 100 \text{ mm}$, 混凝土强度等级为C20, 钢筋采用 $4\Phi 22 (A_s = 1520 \text{ mm}^2)$

求: 截面承载力

〔解〕 1. 确定中和轴位置

$$f_{cm}=11\text{N/mm}^2; f_y=310\text{N/mm}^2$$

$$a_s=40\text{mm}; h_0=600-40=560\text{mm}$$

设中和轴位于翼缘与梁肋交界处, 则相应受拉钢筋的面积:

$$A_{s1} = \frac{f_{cm} b'_f h'_f}{f_y} = \frac{11 \times 400 \times 100}{310} = 1419\text{mm}^2$$

由于 $A_{s1} < A_s$, 故中和轴位于梁肋内。

2. 计算混凝土受压区高度

$$\begin{aligned} x &= \frac{f_y A_s - f_{cm} (b'_f - b) h'_f}{f_{cm} b} \\ &= \frac{310 \times 1520 - 11 \times (400 - 200) \times 100}{11 \times 200} = 114\text{mm} \end{aligned}$$

$x < \xi_b h_0 = 305\text{mm}$, 符合要求。

3. 计算截面承载力

按规范公式 (4.1.6-2):

$$\begin{aligned} M &= f_{cm} b x (h_0 - x/2) + f_{cm} (b'_f - b) (h_0 - h'_f/2) h'_f \\ &= 11 \times 200 \times 114 \times (560 - 114/2) + 11 \times (400 - 200) \times (560 - 100/2) \\ &\quad \times 100 = 2384 \times 10^5 \text{N} \cdot \text{mm} \\ &= 238.4 \text{kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

〔例1.1-12〕 T形梁截面尺寸 $b \times h = 200 \times 550\text{mm}$, $b'_f = 400\text{mm}$, $h'_f = 100\text{mm}$, 承受弯矩 $M = 350\text{kN} \cdot \text{m}$, 混凝土强度等级为C20, 钢材为Ⅱ级钢筋。

求: 钢筋截面面积

〔解〕 1. 确定中和轴位置

$$f_{cm} = 11\text{N/mm}^2;$$

$$f'_y = 310\text{N/mm}^2$$

$$f_y = 290\text{N/mm}^2$$

$$a_s = 40\text{mm};$$

$$h_0 = 550 - 40 = 510\text{mm}$$

设中和轴位于翼缘与梁肋交界处, 则翼缘承受的弯矩:

$$\begin{aligned} M' &= f_{cm} b'_f h'_f (h_0 - h'_f/2) = 11 \times 400 \times 100 \times (510 - 100/2) \\ &= 2024 \times 10^5 \text{N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

由于 $M' < M$, 故中和轴位于梁肋内。

2. 分解弯矩

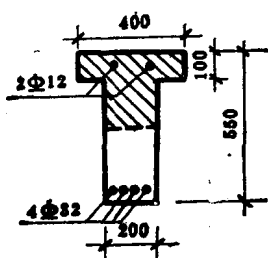


图1.1-12 双筋T形截面

将 M 分为两部分: $M=M_1+M_2$

此处, M_1 为翼缘挑出部分混凝土和相应受拉钢筋 A_{s1} 承受的弯矩, M_2 为梁肋受压区混凝土和相应受拉钢筋 A_{s2} 承受的弯矩。

$$\begin{aligned} M_1 &= f_{cm} (b'_f - b) (h_0 - h'_f/2) h'_f \\ &= 11 \times (400 - 200) \times (510 - 100/2) \times 100 \\ &= 1012 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

$$M_2 = M - M_1 = 3500 \times 10^5 - 1012 \times 10^5 = 2488 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

3. 验算截面条件

按规范公式(附3-3):

$$\alpha_s = \frac{M_2}{f_{cm} b h_0^2} = \frac{2488 \times 10^5}{11 \times 200 \times 510^2} = 0.435$$

查规范附表3: $\xi > 0.60$

$\xi > \xi_b = 0.544$, 不符合规范公式(4.1.5-3)的要求。若截面尺寸不能加大, 混凝土强度等级又不能提高, 则应设计成双筋T形截面。

为了节约钢材, 应充分利用混凝土的受压承载力, 取 $\xi = \xi_b$, 这时求得的 A'_s 最经济。

$\xi = \xi_b$ 代入规范公式(4.1.6-2):

$$\begin{aligned} A'_s &= \frac{M - f_{cm} b \xi_b h_0^2 (1 - \xi_b/2) - f_{cm} (b'_f - b) (h_0 - h'_f/2) h'_f}{f'_y (h_0 - a'_s)} \\ &= \frac{3500 \times 10^5 - 11 \times 200 \times 0.544 \times 510^2 \times (1 - 0.544/2)}{310 \times (520 - 30)} \\ &\quad - \frac{11 \times (400 - 200) \times (510 - 100/2) \times 100}{310 \times (520 - 30)} \\ &= 146 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

以 $\xi = \xi_b$ 代入规范公式(4.1.6-3):

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{f_{cm} [b \xi_b h_0 + (b'_f - b) h'_f] + f'_y A'_s}{f_y} \\ &= \frac{11 \times [200 \times 0.544 \times 510 + (400 - 200) \times 100] + 310 \times 146}{290} \\ &= 3019 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

选用受压钢筋2 Φ 12 ($A'_s = 226 \text{ mm}^2$), 受拉钢筋4 Φ 32 ($A_s = 3217 \text{ mm}^2$)。

(五) 双向受弯构件

〔例1.1-13〕 矩形截面双向受弯构件, 外弯矩与 M 截面侧边的夹角 $\beta = 15^\circ$, 构件截面尺寸及配筋见图1.1-13, 混凝土强度等级为C30, 钢筋为II级钢筋。

求: 正截面受弯承载力

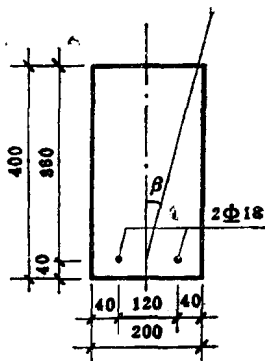


图1.1-13 双向矩形截面

〔解〕 按规范附录四双向受弯构件正截面承载力近似方法计算。

1. 计算混凝土受压区宽度

$$h_0 \tan \beta = 360 \tan 15^\circ = 360 \times 0.2679 =$$

$$96.4 \text{ mm} < b_0 = 100 \text{ mm}, \text{ 符合要求.}$$

$$b_0 - h_0 \tan \beta = 100 - 96.4 = 3.6 \text{ mm}$$

$$b_s = b_0 - h_0 \tan \beta +$$

$$\sqrt{(b_0 - h_0 \tan \beta)^2 + \frac{f_y A_s}{f_{cm}} \tan \beta}$$

$$= 3.6 + \sqrt{3.6^2 + \frac{310 \times 509}{16.5} \times 0.2679}$$

$$= 3.6 + 50.7 = 54.3 \text{ mm}$$

$b_s < b = 200 \text{ mm}$, 符合要求。

2. 计算混凝土受压区高度

$$x = \frac{f_y A_s}{f_{cm} b_s} = \frac{310 \times 509}{16.5 \times 54.3} = 176.1 \text{ mm}$$

根据规范公式 (4.1.3-1):

$$\xi_b = \frac{0.8}{1 + \frac{f_y}{0.0033 E_s}} = \frac{0.8}{1 + \frac{310}{0.0033 \times 200000}} = 0.544$$

$$\xi_b h_0 = 0.544 \times 360 = 195.8 \text{ mm}$$

$x < \xi_b h_0$, 符合要求。

3. 计算正截面受弯承载力

$$M = \frac{f_y A_s}{\cos \beta} \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = \frac{310 \times 509}{\cos 15^\circ} \left(360 - \frac{176.1}{2} \right)$$

$$= \frac{4291 \times 10^4}{0.9659} = 4443 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm} = 44.43 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

〔例1.1-14〕 矩形截面双向受弯构件, 外弯矩 M 与截面侧边的夹角 $\beta = 10^\circ$, 构件截面尺寸及配筋见图1.1-14, 混凝土强度等级为C30, 钢筋为Ⅱ级钢筋。

求: 正截面受弯承载力

〔解〕 按规范附录四双向受弯构件正截面承载力近似方法计算。

1. 计算混凝土受压区宽度

$$h_0 \tan \beta = 410 \tan 10^\circ = 410 \times 0.1763 = 72.3 \text{ mm} < b_0 = 100 \text{ mm}, \text{ 符合要求.}$$