

双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算

在梁的受拉区和受压区同时按计算配置纵向受力钢筋的截面称为双筋截面。由于在梁的受压区设置受压钢筋来承受压力是不经济的,故应尽量少用双筋截面。

在下列情况下可采用双筋截面:

(1)当截面承受的弯矩较大,而截面高度及材料强度又由于种种原因不能提高,以致按单筋矩形梁计算时 $x > \xi_b h_0$,即出现超筋情况时,可采用双筋截面,此时在混凝土受压区配置受压钢筋来补充混凝土抗压能力的不足。

(2)构件在不同的荷载组合下承受异号弯矩的作用,如风荷载作用下的框架横梁,由于风向的变化,在同一截面可能既出现正弯矩又出现负弯矩,此时就需要在梁的上下方都布置受力钢筋。

(3)为了提高截面的延性。在梁的受压区配置一定数量的受压钢筋,有利于提高截面的延性,因此,抗震设计中要求框架梁必须配置一定比例的受压钢筋。

1. 受压钢筋的强度

双筋截面受弯构件的破坏特征与单筋截面相似,不同之处是受压区有混凝土和受压钢筋(A'_s)一起承受压力。与单筋截面一样,按照受拉钢筋是否到达 f_y ,区分为适筋梁($\xi \leq \xi_b$)和超筋梁($\xi > \xi_b$)。为了防止出现超筋梁,同样必须遵守 $\xi \leq \xi_b$ 这一条件。在双筋梁计算中,受压钢筋应力可以达到受压屈服强度 f'_y 的条件是:

$$x \geq 2a'_s \quad (1)$$

式(1)的含义是受压钢筋的位置(距受压边缘为 a'_s)不低于混凝土受压应力图形的重心。否则,就表明受压钢筋的位置距离中和轴太近,以致受压钢筋的应力达不到抗压强度设计值 f'_y 。《规范》规定,热轧钢筋的抗压强度设计值 $f'_y = f_y$ 。

纵向钢筋受压将产生侧向弯曲,如箍筋的间距过大或刚度不足(如采用开口箍筋),在纵向压力作用下受压钢筋将发生压屈而侧向凸出。所以《规范》要求,当计算上考虑受压钢筋的作用时,应配置封闭箍筋(图1),且其间距 s 应满足 $s \leq 15d$ (此处 d 为受压钢筋最小直径),同时 $s \leq 400$ mm;但一层内受压钢筋多于5根且直径大于18 mm时,箍筋间距 s 应满足 $s \leq 10d$;同时箍筋的直径应不小于受压钢筋最大直径的1/4。当梁的宽度大于400 mm且一层内的纵向受压钢筋多于3根时,或当梁的宽度不大于400 mm但一层内的纵向受压钢筋多于4根时,应设置复合箍筋。对箍筋的这些要求,主要都是为了防止受压钢筋发生压屈,因为这是保证构件中的受压钢筋强度得到充分利用的必要条件。

2. 正截面承载力计算

(1) 基本公式

双筋矩形截面受弯构件到达受弯承载力极限状态时的截面应力如图2所示。

根据平衡条件,基本公式为:

$$\alpha_1 f_c b x + f'_y A'_s = f_y A_s \quad (2)$$

$$M_u = \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s) \quad (3)$$

式(2)、式(3)实际上是在单筋矩形截面的式(3-7)和式(3-8)的基础上增加了受压钢筋的作用一项,应注意它是加在混凝土项的一侧,表示帮助混凝土承担部分压力。

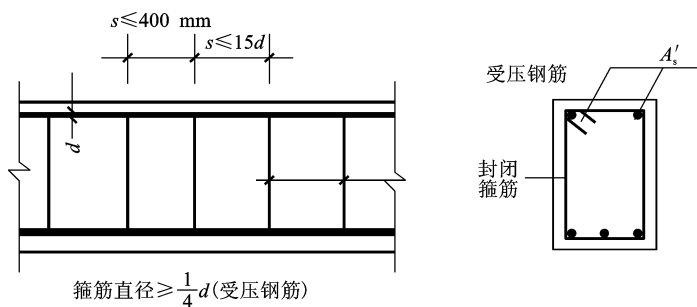


图 1 受压钢筋的箍筋配置要求图

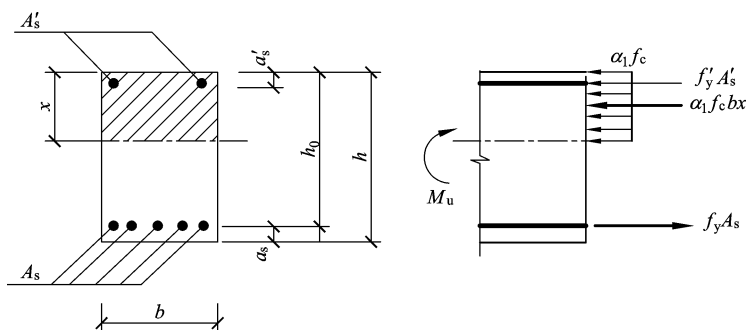


图 2 双筋矩形截面承载力计算图

(2) 适用条件

1) 为了防止超筋梁破坏, 应满足以下条件:

$$\xi \leq \xi_b \text{ (即 } x \leq x_b = \xi_b h_0 \text{)}$$

或

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{bh_0} \leq \xi_b \frac{\alpha_1 f_c}{f_y} \quad (4)$$

其中 A_{s1} 是与受压混凝土相对应的纵向受拉钢筋面积, $A_{s1} = \frac{\alpha_1 f_c b x}{f_y}$ 。

2) 为了保证受压钢筋能达到规定的抗压强度设计值, 应 $x \geq 2a_s'$ 。

在实际设计中, 若出现 $x < 2a_s'$ 的情况, 则说明此时受压钢筋所受到的压力太小, 压应力达不到抗压设计强度 f_y' , 这样公式(2)和(3)中的 f_y' , 只能用 σ_s' 代入, 由于 σ_s' 是未知数, 使得计算非常复杂。故《规范》建议在 $x < 2a_s'$ 时, 近似取 $x = 2a_s'$, 即假定受压钢筋合力点与受压混凝土合力点相重合, 这样处理对截面来说是偏于完全的。对 A_s' 重心处取矩, 得:

$$M \leq M_u = f_y A_s (h_0 - a_s') \quad (5)$$

由于双筋梁通常所配钢筋较多, 故不需验算最小配筋率。

(3) 公式的应用

在工程设计中, 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力的计算可以分为截面设计和截面复核两类问题。

截面设计时，一般是已知弯矩设计值、截面尺寸和材料强度设计值。计算时有下列两种情况：

1) 已知弯矩设计值 M 、材料强度等级(f_y 、 f_c 及 f'_y)、截面尺寸(b 、 h)，求受拉钢筋面积 A_s 和受压钢筋面积 A'_s 。

由式(2)、式(3)可知，共有 A_s 、 A'_s 及 x 三个未知数，故还需补充一个条件才能求解。由适用条件 $x \leq \xi_b h_0$ ，取 $x = \xi_b h_0$ ，这样可充分发挥混凝土的抗压作用，从而使钢筋总的用量($A_s + A'_s$)为最小，达到节约钢筋的目的。

2) 已知弯矩设计值 M 、材料强度等级(f_y 、 f_c 及 f'_y)、截面尺寸(b 、 h)和受压钢筋面积 A'_s ，求受拉钢筋面积 A_s 。

此类问题往往是由于变号弯矩的需要，或由于构造要求，已在受压区配置截面面积为 A'_s 的受压钢筋，因此应充分利用 A'_s 以减小 A_s 。因为 A'_s 已知，故只有两个未知数 x 和 A_s ，所以可直接用式(2)及(3)求解。

截面复核是指当材料强度设计值(f_y 、 f_c 及 f'_y)、截面尺寸(b 、 h)和钢筋截面面积(A_s 、 A'_s)都已知时，欲求截面所能承受的最大弯矩设计值 M_u ；或已知截面设计弯矩值 M ，复核该截面是否安全。