

保证黏结的构造措施

1. 锚固长度

为保证钢筋受力后有可靠的黏结，不产生相对滑移，纵向钢筋必须伸过其受力截面在混凝土中有足够的埋入长度。《规范》以钢筋应力达到屈服强度 f_y 时，不发生黏结锚固破坏时的最小埋入长度，作为确定锚固长度的依据。锚固长度的取值主要取决于黏结强度 τ_u 值的高低，当黏结强度 τ_u 值高时，所需锚固长度就小；否则，所需锚固长度值就大。

(1) 基本锚固长度 l_{ab}

受拉钢筋的基本锚固长度又称为基本锚固长度，用 l_{ab} 表示，它与钢筋强度、混凝土强度等级、钢筋直径及外形有关。当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时，受拉钢筋的锚固长度 l_{ab} 按下式计算

普通钢筋

$$l_{ab} = \alpha \frac{f_y}{f_t} d \quad (1)$$

预应力钢筋

$$l_{ab} = \alpha \frac{f_{py}}{f_t} d \quad (2)$$

式中： l_{ab} ——受拉钢筋的基本锚固长度；

f_y 、 f_{py} ——普通钢筋、预应力筋的抗拉强度设计值；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值，当混凝土强度大于 C60 时，按 C60 取用；

d ——钢筋的公称直径；

α ——钢筋的外形系数，按表 1 取用。

按式(1)计算的纵向受拉钢筋的基本锚固长度 l_{ab} 见表 2。

表 1 钢筋的外形系数

钢筋类型	光面钢筋	带肋钢筋	螺旋肋丝	3 股钢绞线	7 股钢绞线
α	0.16	0.14	0.13	0.16	0.17

注：光面钢筋末端应做 180°弯钩，弯后平直段长度不应小于 3d，但作受压钢筋时可不作弯钩。

表 2 受拉钢筋的基本锚固长度 l_{ab}

单位：mm

钢筋种类	混凝土强度等级					
	C20	C25	C30	C35	C40	C45
HPB300	39d	34d	30d	28d	25d	24d
HRB400	—	40d	35d	32d	29d	28d
HRBF400						
RRB400	—	48d	43d	39d	36d	34d
HRB500						
HRBF500						

注：①HPB300 钢筋为受拉钢筋时，其末端应做 180°弯钩，弯后平直段长度不应小于 3d；当为受压钢筋时可不作弯钩。

②在任何情况下，锚固长度不得小于 200 mm。

(2) 受拉钢筋的锚固长度 l_a

一般情况下，受拉钢筋的锚固长度可取基本锚固长度。考虑各种影响钢筋与混凝土黏结锚固强度的因素，当采取不同的埋置方式和构造措施时，锚固长度应按下式计算

$$l_a = \zeta_a l_{ab} \quad (3)$$

式中： l_{ab} ——受拉钢筋的锚固长度；

ζ_a ——锚固长度修正系数，按下面规定取用。经修正后的锚固长度，不应小于基本锚固长度的 0.6 倍，且不小于 200 mm；对预应力钢筋， ζ_a 可取 1.0。

纵向受拉带肋钢筋的锚固长度修正系数 ζ_a 应根据钢筋的锚固条件按下列规定取用：当带肋钢筋的公称直径大于 25 mm 时取 1.10；对环氧树脂涂层带肋钢筋取 1.25；当钢筋在混凝土施工过程中易受扰动（如滑模施工）时取 1.10；锚固区保护层厚度为 $3d$ 且配有箍筋时可取 0.8；锚固区保护层厚度为 $5d$ 时可取 0.7，中间按内插法取值（此处 d 为纵向受力钢筋的直径）；当纵向受拉钢筋末端采用机械弯钩或机械锚固措施（图 1）时，包括弯钩或锚固端头在内的锚固长度（投影长度）可取基本锚固长度 l_{ab} 的 0.6 倍。钢筋弯钩和机械锚固的形式和技术要求应符合表 3 及图 1 的规定。

表 3 钢筋弯钩和机械锚固的形式和技术要求

锚固形式	技术要求
90°弯钩	末端 90°弯钩，弯后直段长度 $12d$
135°弯钩	末端 135°弯钩，弯后直段长度 $5d$
一侧贴焊锚筋	末端一侧贴焊长 $5d$ 同直径钢筋，焊缝满足强度要求
两侧贴焊锚筋	末端两侧贴焊长 $3d$ 同直径钢筋，焊缝满足强度要求
焊端锚板	末端与厚度 d 的锚板穿孔塞焊，焊缝满足强度要求
螺栓锚头	末端旋入螺栓锚头，螺纹长度满足强度要求

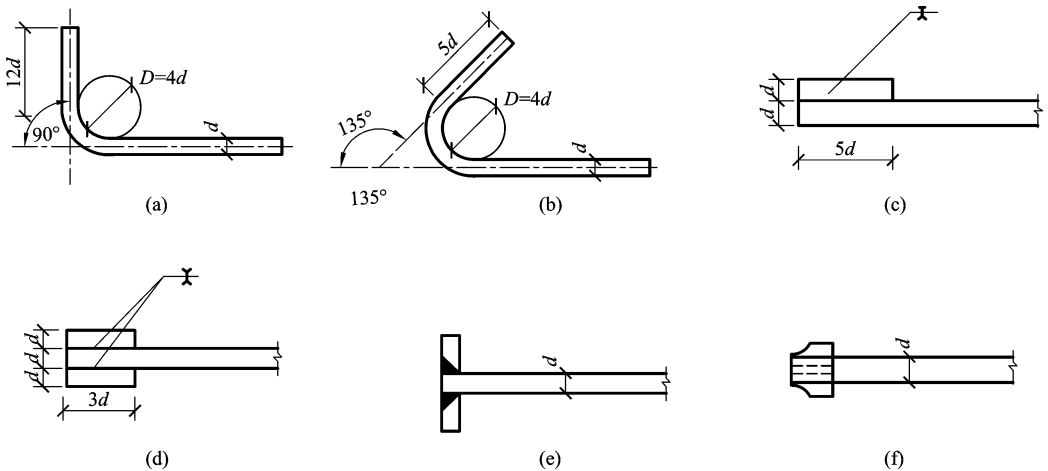


图 1 钢筋机械锚固的形式及构造要求

(a) 弯折；(b) 弯钩；(c) 一侧贴焊锚筋；(d) 两侧贴焊锚筋；(e) 穿孔塞焊锚板；(f) 螺栓锚头

采用机械锚固措施时,锚固长度范围内的箍筋不应少于3个,其直径不应小于 $d/4$,间距不应大于 $5d$,且不大于100 mm;当纵向钢筋保护层厚度大于 $5d$ 时,可不配置上述钢筋(此处 d 为锚固钢筋的直径)。

(3) 受压钢筋的锚固长度

混凝土结构中的纵向受压钢筋,当计算中充分利用钢筋的抗压强度时,其锚固长度不应小于相应受拉锚固长度的0.7倍。

2. 钢筋的连接

钢筋在构件中往往由于长度不足需要进行钢筋的连接。钢筋的连接可分为绑扎搭接连接、机械连接(锥螺纹套筒、钢套筒挤压连接等)或焊接连接三种。

绑扎搭接宜用于受拉钢筋直径不大于25 mm以及受压钢筋直径不大于28 mm的连接,机械连接宜用于直径不小于16 mm受力钢筋的连接,焊接连接宜用于直径不大于28 mm受力钢筋的连接。

受力钢筋的连接接头宜设置在受力较小处。在同一根受力钢筋上宜少设接头。在结构的重要构件和关键传力部位,纵向钢筋不宜设置连接接头。

(1) 绑扎搭接连接

轴心受拉及小偏心受拉杆件(如桁架和拱的拉杆)的纵向受力钢筋不得采用绑扎搭接;当受拉钢筋的直径 $d > 25$ mm及受压钢筋的直径 $d > 28$ mm时,不宜采用绑扎搭接接头。钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度为1.3倍搭接长度,凡搭接接头中点位于该连接区段长度内的搭接接头均属于同一连接区段(图2)。同一构件中相邻纵向受力钢筋的绑扎搭接接头位置宜相互错开,即接头间距应大于 $1.3l_l$ 。

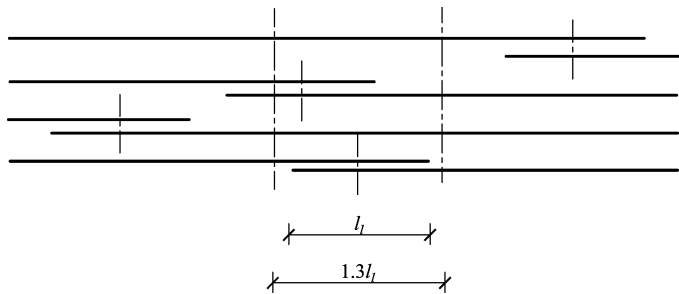


图2 同一连接区段内受拉钢筋搭接接头

注:图中所示同一连接区段内的搭接接头钢筋为两根,当钢筋直径相同时,钢筋搭接接头面积百分率为50%。

位于同一连接区段范围内的受拉钢筋搭接接头面积百分率,对梁类、板类及墙类构件,不宜大于25%;对柱类构件,不宜大于50%。当工程中确有必要增大受拉钢筋搭接接头面积百分率时,对梁类构件不应大于50%;对板类、墙类及柱类构件可根据实际情况放宽。

绑扎搭接钢筋之间能够传力是由于钢筋与混凝土之间的黏结锚固作用,两根相向受力的钢筋分别锚固在搭接连接区段的混凝土中,都将拉力传递给混凝土,绑扎搭接完全是靠钢筋与混凝土之间的黏结力来传递内力的。若搭接长度不够,则可能造成黏结力的破坏,使构件失效。纵向受拉钢筋绑扎搭接长度 l_l 应根据位于同一连接区段内的钢筋搭接接头面积百分

率按下式计算

$$l_l = \zeta_l l_a \quad (1-10)$$

式中： l_a ——纵向受拉钢筋的锚固长度；

ζ_l ——纵向受拉钢筋搭接长度修正系数，按表 4 取用。

表 4 纵向受拉钢筋搭接长度修正系数

纵向钢筋搭接接头面积百分率/%	≤25	50	100
ζ_l	1.2	1.4	1.6

在任何情况下，纵向受拉钢筋的绑扎搭接接头的搭接长度均不应小于 300 mm。

构件中的纵向受压钢筋，当采用搭接连接时，其受压搭接长度不应小于纵向受拉钢筋搭接长度的 0.7，且不应小于 200 mm。

在纵筋搭接长度范围内应配置箍筋，其直径不应小于搭接钢筋较大直径的 1/4。对梁、柱、斜撑等构件，箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 5 倍，且不应大于 100 mm，对板、墙等平面构件，箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 10 倍，且不应大于 100 mm；当受压钢筋直径 $d > 25$ mm 时，尚应在搭接接头两个端面外 100 mm 范围内各设置两个箍筋。

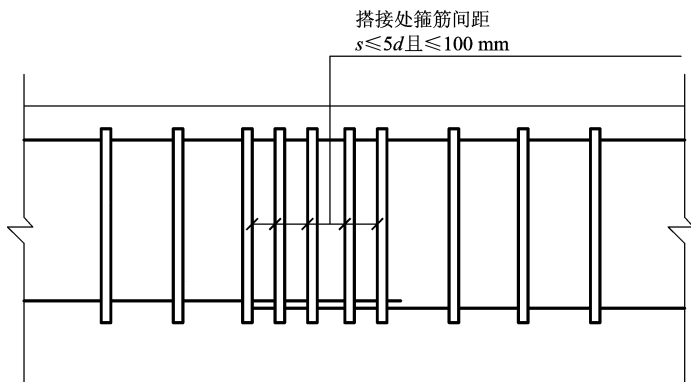


图 3 钢筋搭接处箍筋加密

(2) 机械连接

纵筋机械连接接头宜相互错开。钢筋机械连接接头连接区段长度为 $35d$ (d 为连接钢筋的较小直径)，凡接头中点位于该连接区段长度内的机械连接接头均属于同一连接区段。在受力较大处设置机械连接接头时，位于同一连接区段内的纵向受拉钢筋接头面积百分率不宜大于 50%。纵向受压钢筋的接头面积百分率可不受限制。直接承受动力荷载的结构构件中的机械连接接头，位于同一连接区段内的纵向受力钢筋接头面积百分率不应大于 50%。

机械连接接头连接件的混凝土保护层厚度宜满足纵向受力钢筋最小保护层厚度的要求。连接件之间的横向净间距不宜小于 25 mm。

(3) 焊接连接

纵筋的焊接接头应相互错开。钢筋焊接接头连接区段的长度为 $35d$ (d 为连接钢筋的较小直径) 且不小于 500 mm, 凡接头中点位于该连接区段长度内的焊接接头均属于同一连接区段。位于同一连接区段内纵筋焊接接头面积百分率, 对受拉钢筋接头不宜大于 50%, 受压钢筋接头面积百分率可不受限制。