

第三章 粘结与锚固

粘结作用与粘结机理

钢筋与混凝土间的粘结的强度

钢筋在混凝土中的锚固长度

一、粘结作用与粘结机理

1. 粘结作用

裂缝出现前的粘结作用

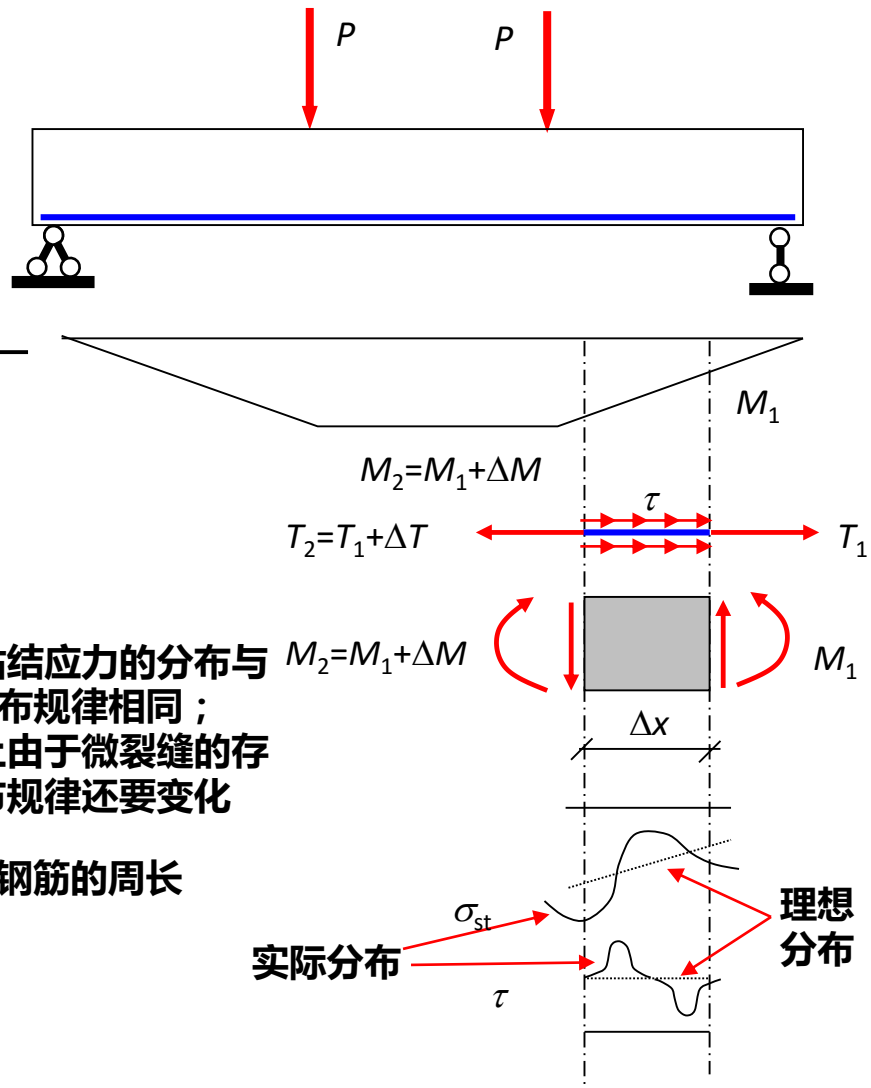
$$T_1 = \frac{M_1}{\gamma_s h} \quad T_2 \approx \frac{M_2}{\gamma_s h} = \frac{M_1 + \Delta M}{\gamma_s h}$$

$$\Delta T = \frac{\Delta M}{\gamma_s h}$$

$$\tau = \frac{\Delta T}{\Delta x \mu_s} = \frac{\Delta M}{\Delta x \gamma_s h \mu_s} = \frac{V}{\gamma_s h \mu_s}$$

梁中粘结应力的分布与V的分布规律相同；
实际上由于微裂缝的存在分布规律还要变化

钢筋的周长



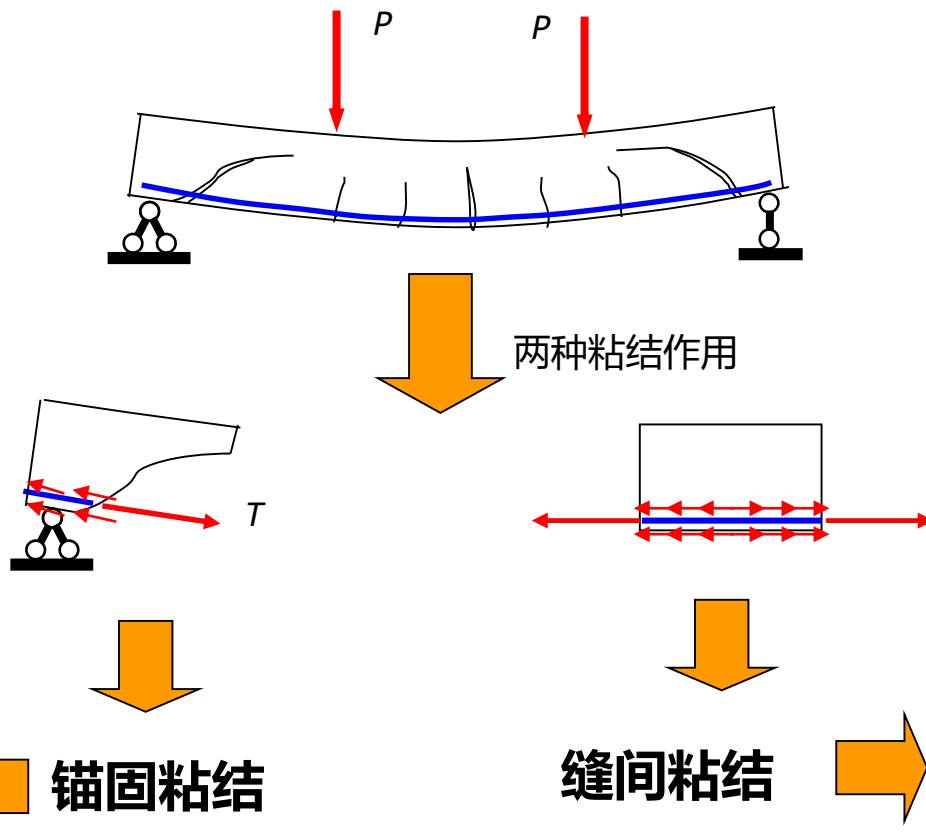
一、粘结作用与粘结机理

1. 粘结作用

裂缝出现后的粘结作用

在钢筋伸入支座时，必须有足够的锚固长度，通过这段长度上粘结应力的累积，才能使钢筋中建立起所需要的拉力

钢筋在构件中切断时，为确保钢筋在充分利用点处能发挥作用，需要有一个延伸长度来建立起所需要的拉力



保证钢筋和混凝土共同工作

锚固粘结

缝间粘结

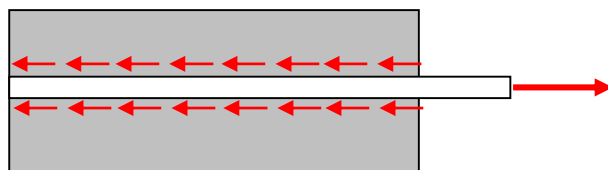
改善钢筋混凝土的耗能性能

由于钢筋长度不够，或由于构造要求需设施工缝，在钢筋的接头处还需要一个搭接长度来传递钢筋的拉力

开裂截面处钢筋的拉力，通过裂缝两侧的粘结应力部分地向混凝土传递，使未开裂的混凝土受拉。局部粘结应力的丧失和退化，将会导致构件刚度降低，裂缝宽度加大

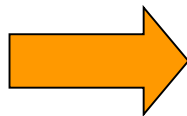
一、粘结作用与粘结机理

2. 粘结机理



光圆钢筋

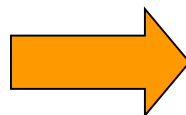
粘附力



有滑移时粘附力即消失

摩擦力

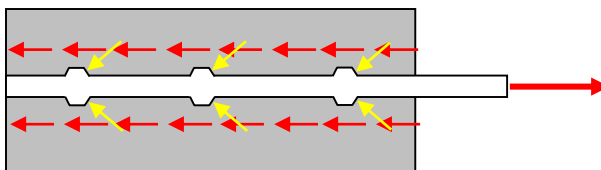
机械咬合力
(钢筋表面不平、微锈时可显著提高咬合力)



钢筋受力较大时粘结力主要由此二部分组成

一、粘结作用与粘结机理

2. 粘结机理

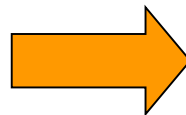


变形钢筋

粘附力

摩擦力

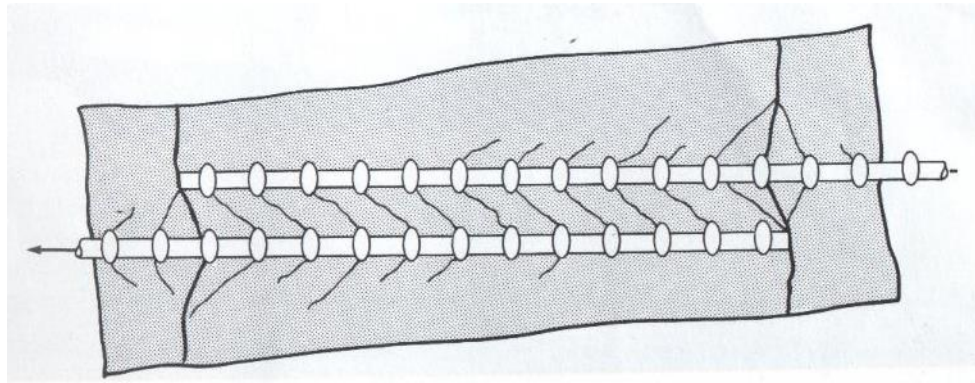
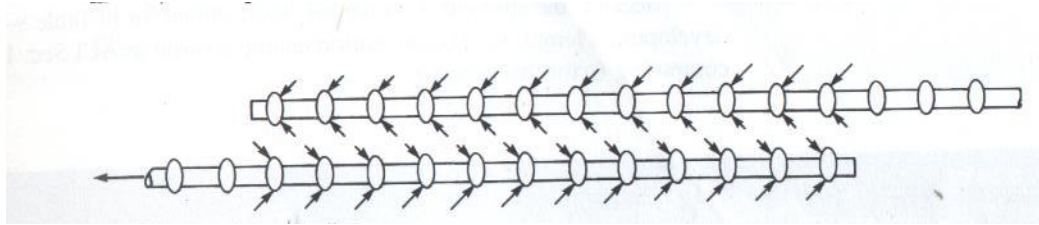
机械咬合力



主要作用

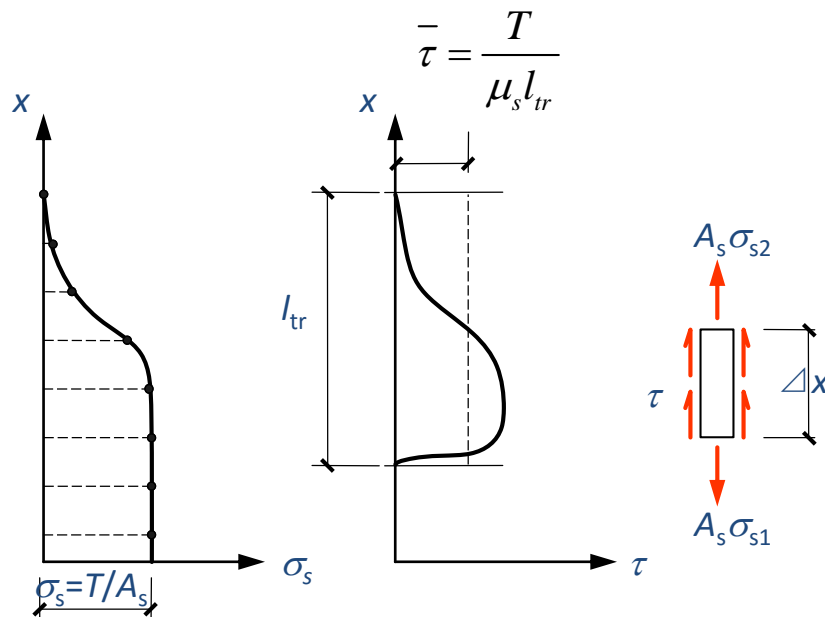
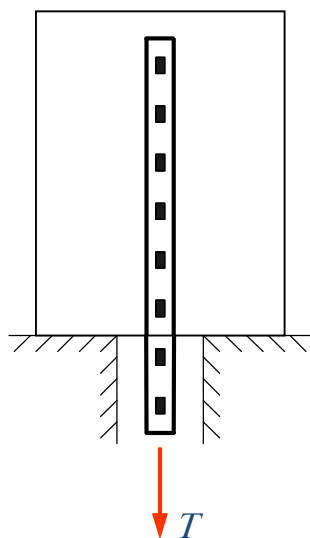
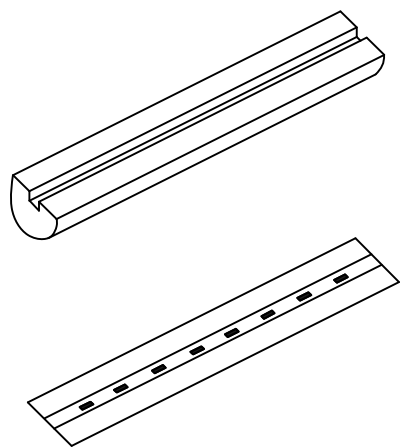
一、粘结作用与粘结机理

3. 搭结机理

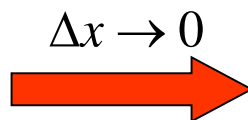


一、粘结作用与粘结机理

4. 粘结试验



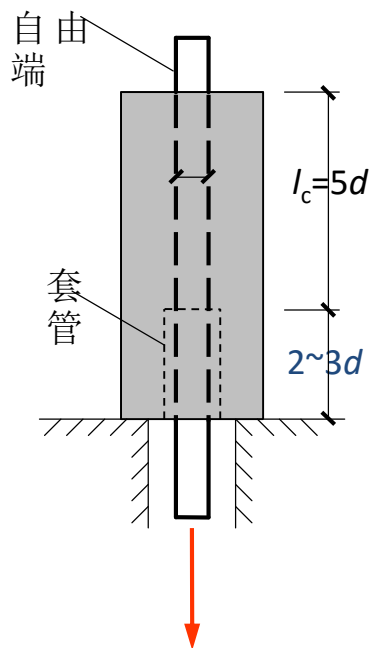
$$\tau = \frac{(\sigma_{s1} - \sigma_{s2}) A_s}{\Delta x \mu_s} = \frac{\Delta \sigma_s A_s}{\Delta x \mu_s}$$



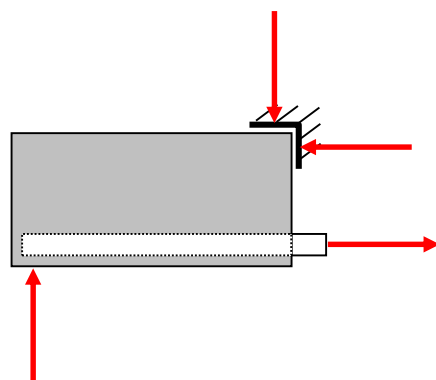
$$\tau = \frac{d\sigma_s}{dx} \frac{A_s}{\mu_s}$$

一、粘结作用与粘结机理

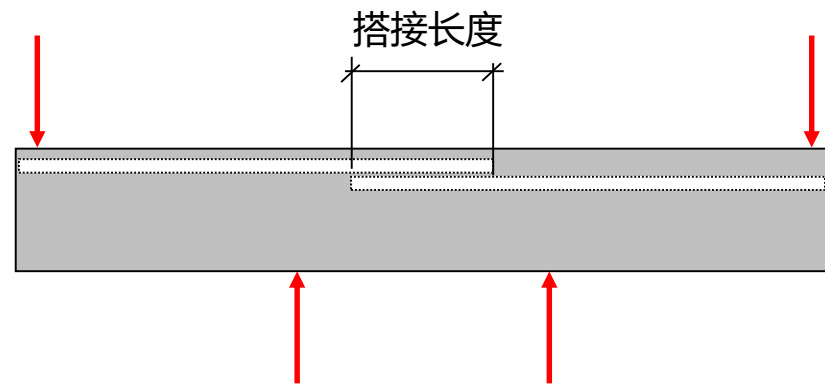
4. 粘结试验



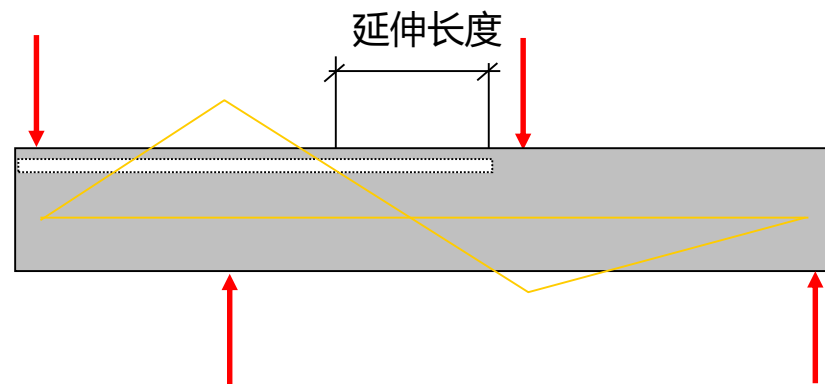
拔出试验



半梁试验



搭接长度试验

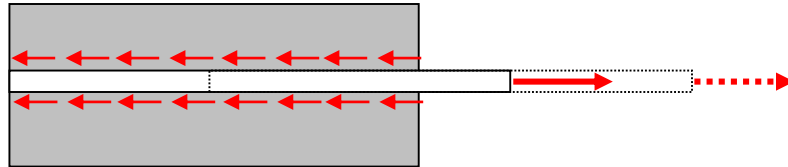


延伸长度试验

一、粘结作用与粘结机理

5. 粘结破坏形态

光圆钢筋

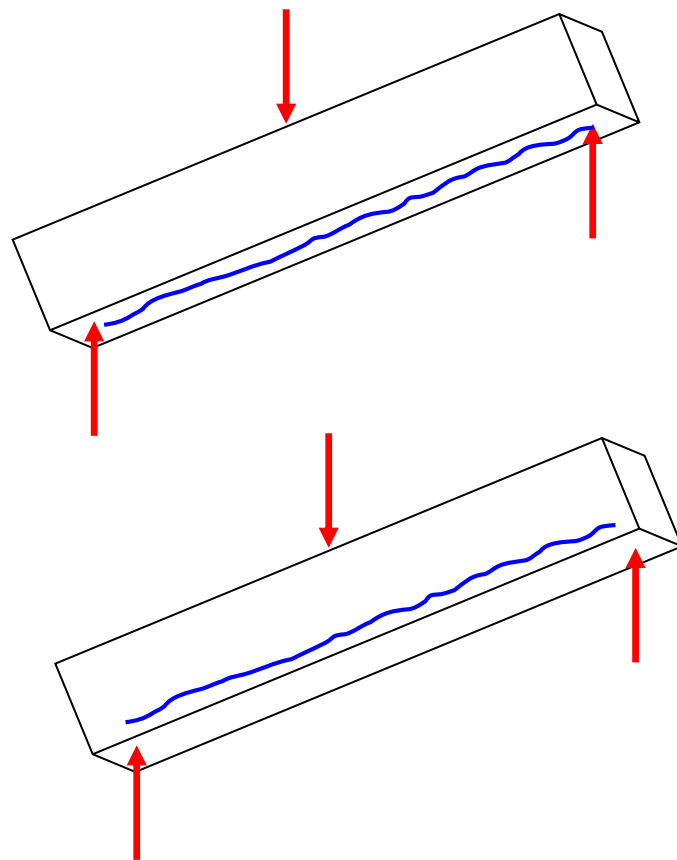
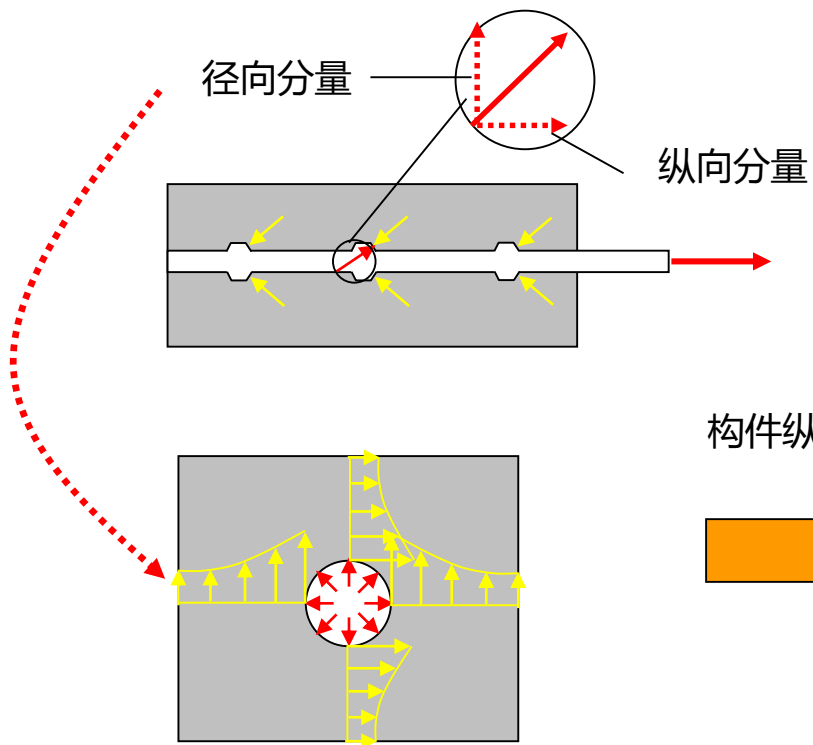


钢筋拔出

一、粘结作用与粘结机理

5. 粘结破坏形态

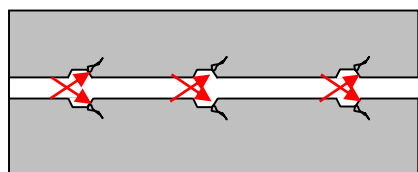
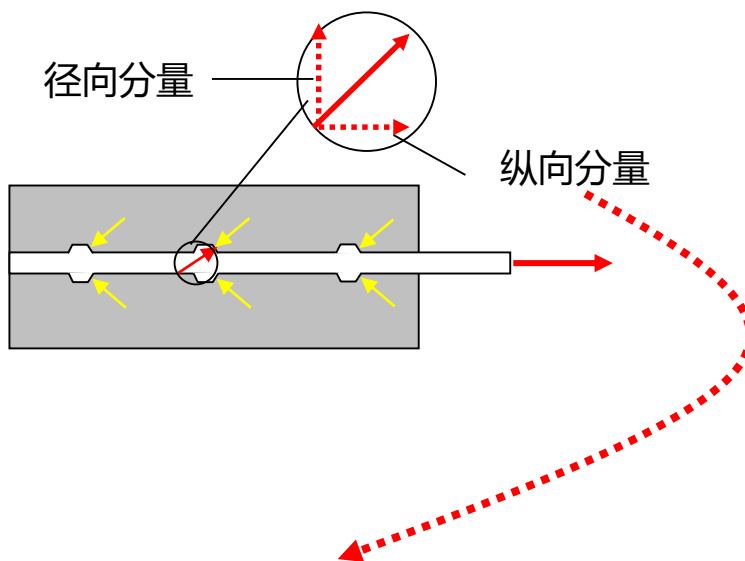
变形钢筋



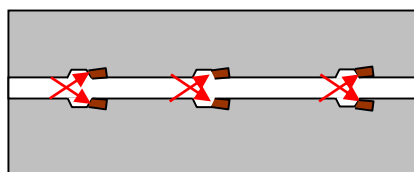
一、粘结作用与粘结机理

5. 粘结破坏形态

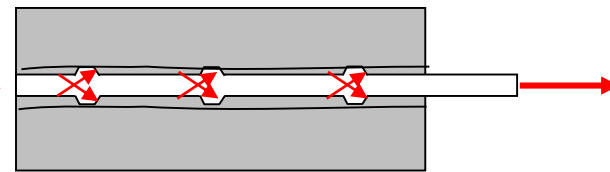
变形钢筋



混凝土撕裂



混凝土局部挤碎



刮出式破坏

二、钢筋和混凝土间粘结强度

一般用拔出试验测出钢筋与混凝土间的平均粘结强度

$$\tau_u = \frac{T_u}{\mu_s l_c}$$

拔出拉力

钢筋周长

埋置长度

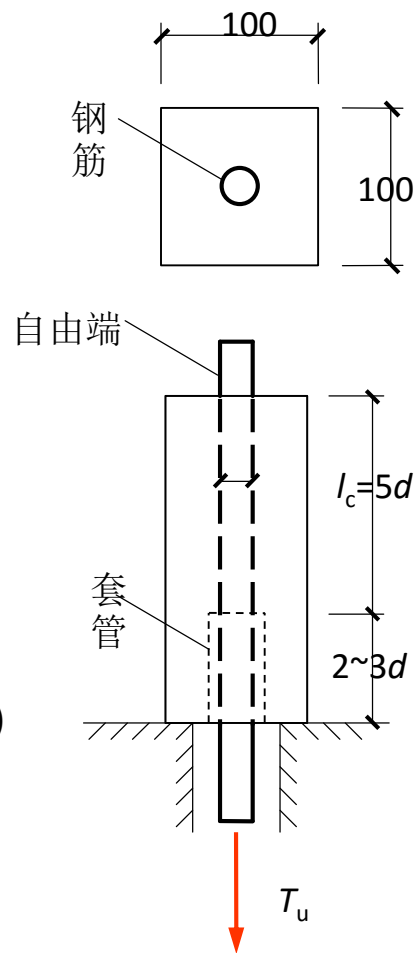
影响因素

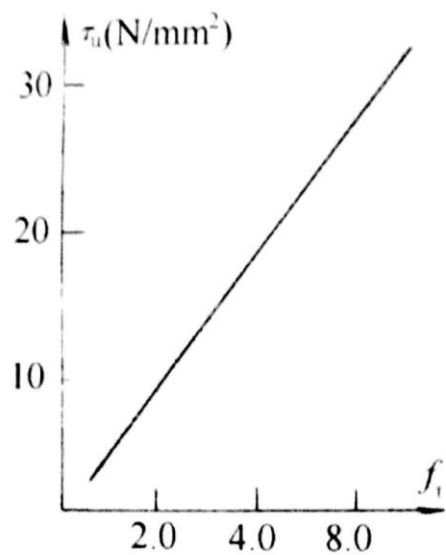
混凝土强度

浇注位置（水平浇注、竖向浇注）

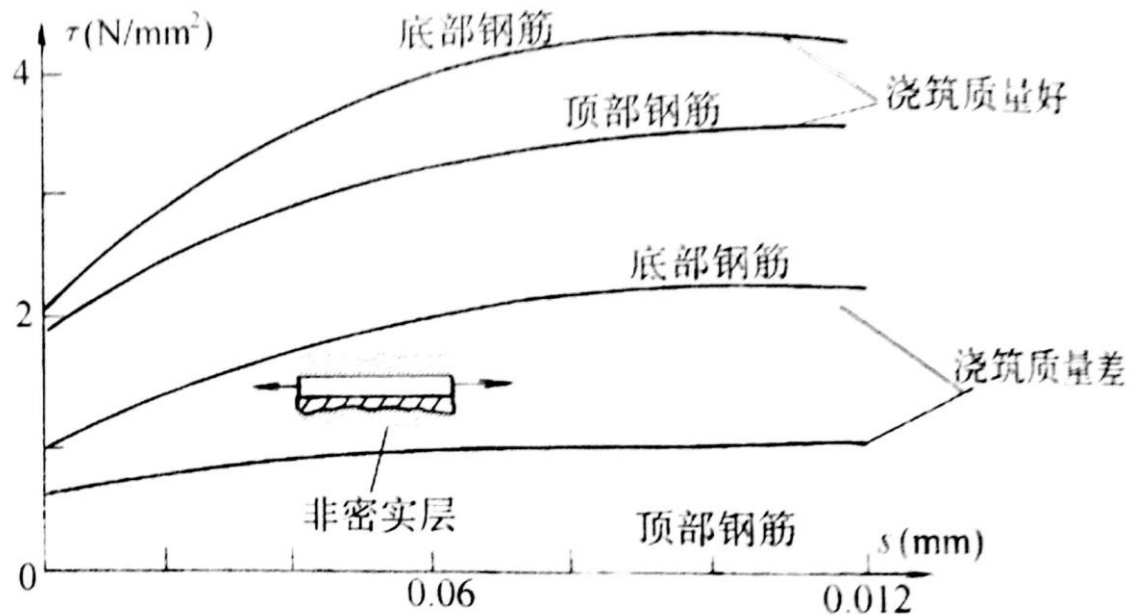
钢筋的外形特征

保护层厚度和钢筋的净距

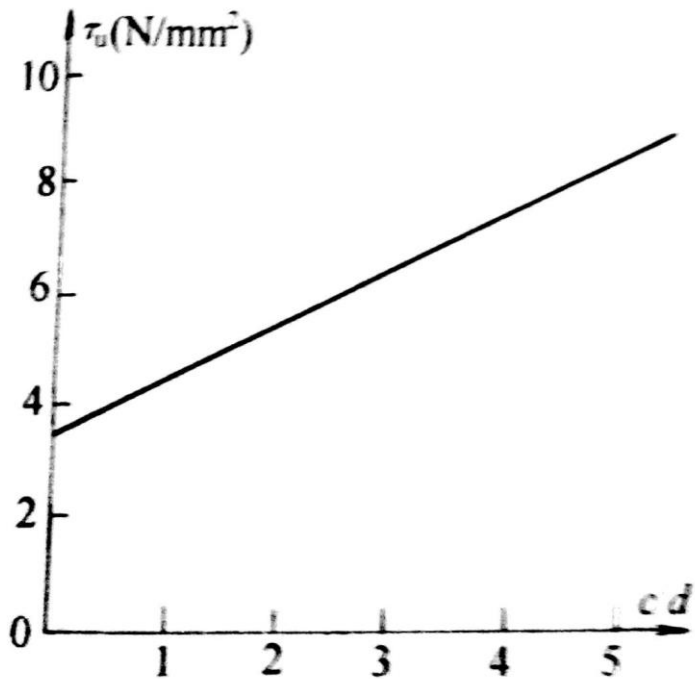




粘结强度与混凝土抗拉强度的关系

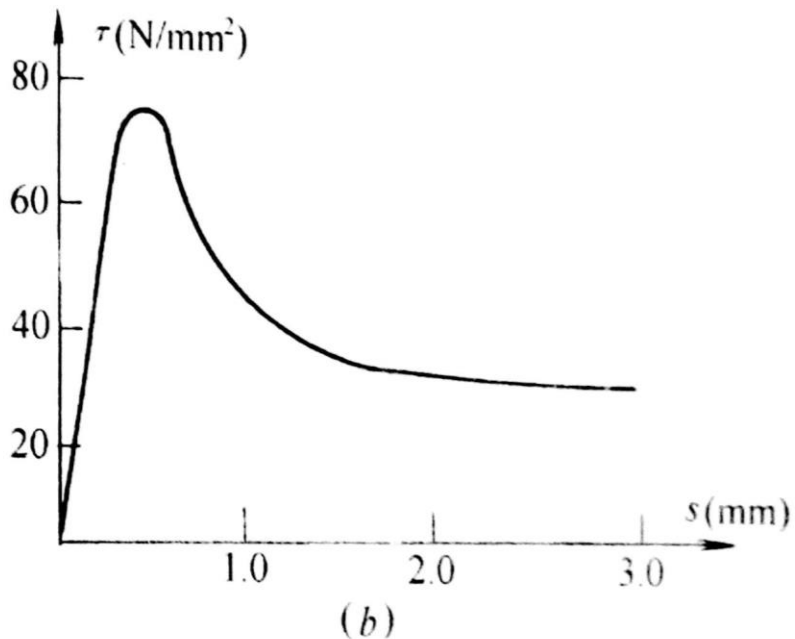
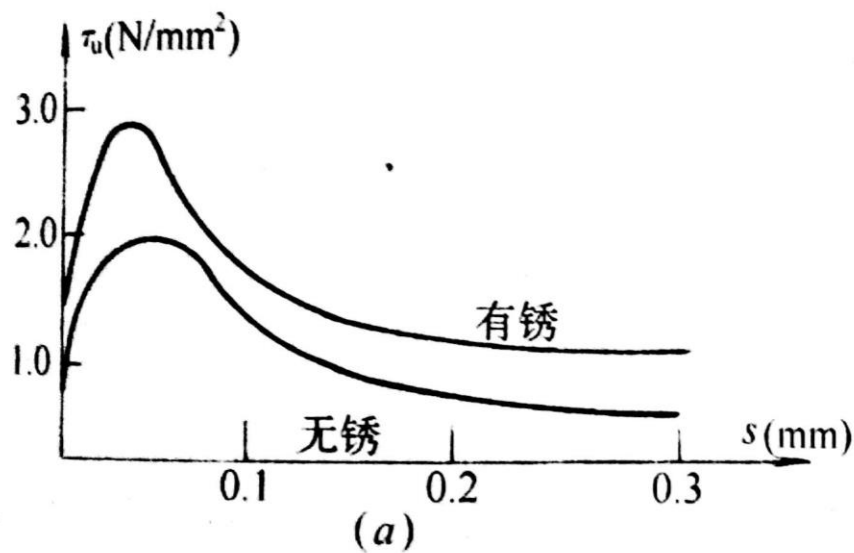


浇筑位置和质量对粘结力的影响



粘结强度和保护层厚度/钢筋直径的关系

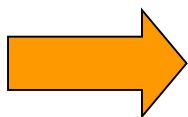
钢筋外形对粘结强度的影响 (a) 光圆钢筋拔出试验 (b) 变形钢筋拔出试验



三、锚固、搭接长度

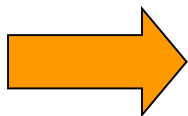
1. 锚固长度的理论分析

原则



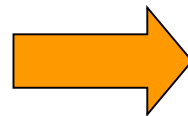
钢筋屈服时正好发生锚固破坏

对象

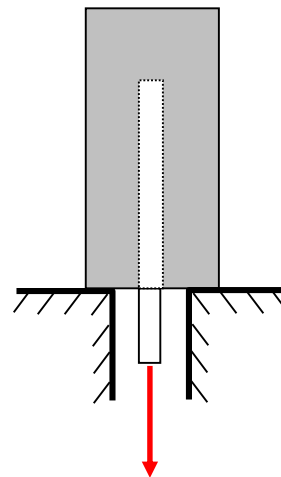


以直径为 $2c$ 的混凝土试件内配直径为 d 的变形钢筋为例

假定



纵裂发生在刮出式破坏以前



三、锚固、搭接长度

1. 锚固长度的理论分析

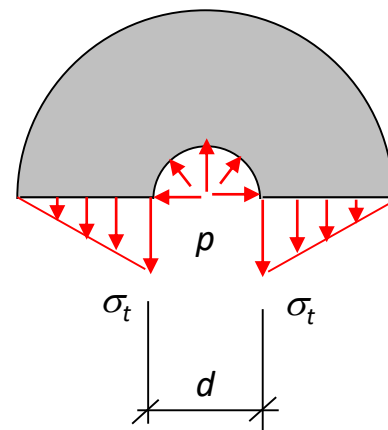
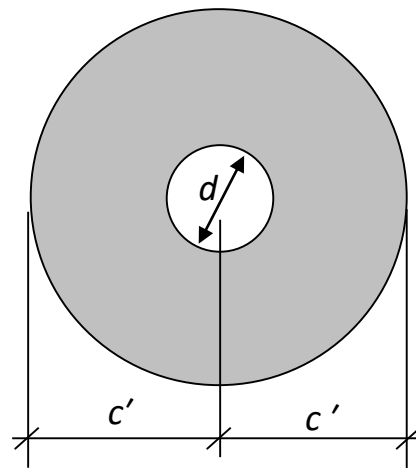
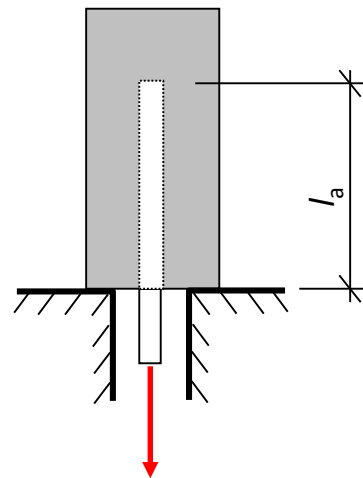
假定由于 p 引起的混凝土中的拉应力按线形分布

$$l_a \cdot p \cdot d = (2c' - d) \frac{\sigma_t}{2} l_a$$

$$p = \left(\frac{c'}{d} - \frac{1}{2} \right) \sigma_t$$

当 $\sigma_t = f_t$ 时，锚固破坏

$$p_u = \left(\frac{c'}{d} - \frac{1}{2} \right) f_t$$




三、锚固、搭接长度

1. 锚固长度的理论分析

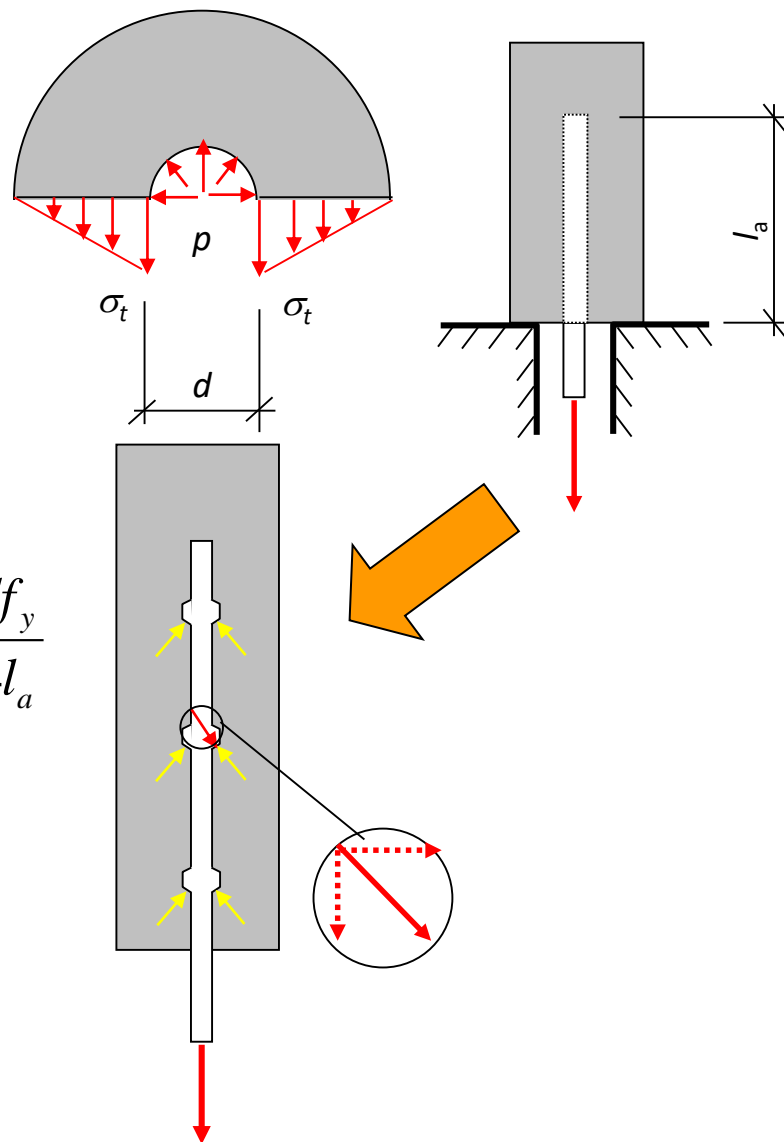
当变形钢筋肋倾角为45°时



$$\tau_u = p_u$$


$$\tau_u = \frac{T_u}{\mu_s l_a} = \frac{\pi d^2 f_y / 4}{\pi d l_a} = \frac{d f_y}{4 l_a}$$

$$\frac{l_a}{d} = \frac{f_y}{\left(\frac{4c'}{d} - 2\right) f_t}$$



三、锚固、搭接长度

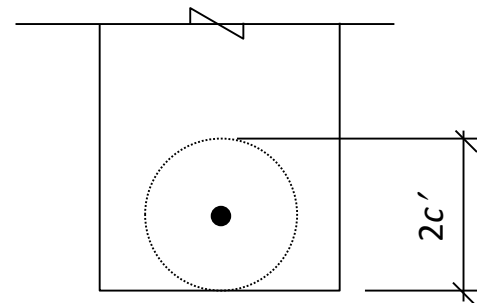
1. 锚固长度的理论分析

$$\frac{l_a}{d} = \frac{f_y}{\left(\frac{4c'}{d} - 2\right) f_t}$$

↓ 令 $c' = 2d$

$$l_a = \frac{f_y}{6f_t} d$$

当 $c' > 2d$ 时, l_a 的数值比上式的数值要小

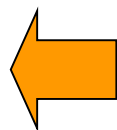


三、锚固、搭接长度

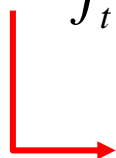
2. 实用计算公式

基本锚固长度（GB50010）：

$$l_a = \alpha \frac{f_y}{f_t} d$$



对不同的情况还要作修正

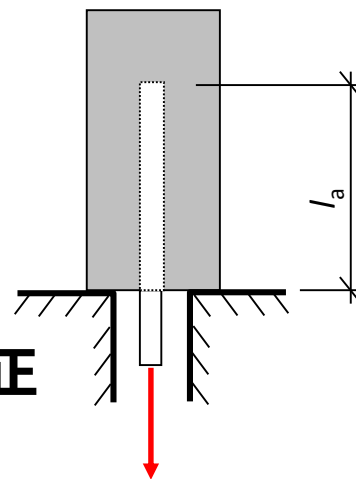


锚固钢筋的外形系数，见教材表3-1



对上式作修正可得搭接长度

$$l_l = \zeta l_a$$



小结

粘结应力

锚固粘结（支座锚固长度 延伸长度 搭接长度）

传递长度

钢筋与混凝土之间粘结强度的主要影响因素

基本锚固长度的确定原则 如何确定