

混凝土结构

Concrete Structure

主讲教师：孙修礼 盖玉龙

建筑工程学院工程结构教研室

第五章 受弯构件 斜截面承载力计算

5.1 概述

在受弯构件的剪弯区段，在 M 、 V 作用下，有可能发生斜截面破坏。

斜截面破坏：

斜截面受剪破坏——通过抗剪计算来满足受剪承载力要求；

斜截面受弯破坏——通过满足构造要求来保证受弯承载力要求。

5.1.1 斜截面开裂前的应力分析

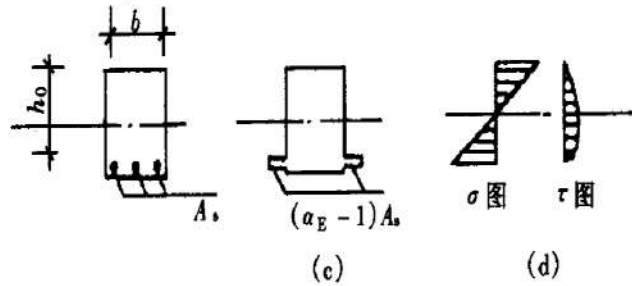
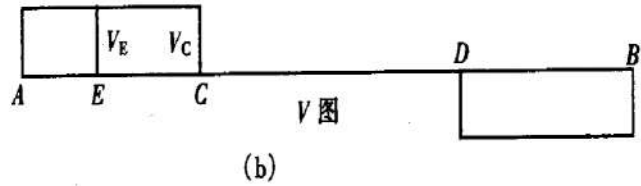
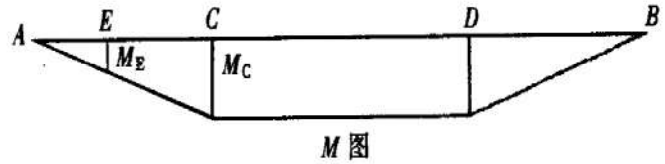
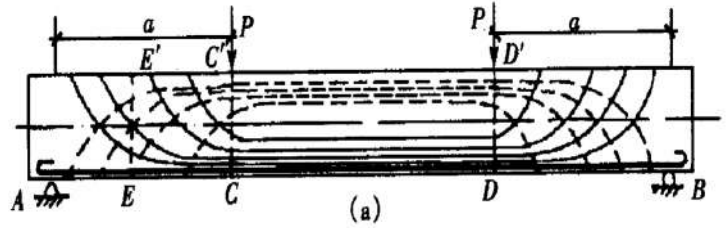
$$\sigma = \frac{My_0}{I_0}$$

$$\tau = \frac{VS_0}{I_0 b}$$

$$\sigma_{tp} = \frac{\sigma}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctan\left(-\frac{2\tau}{\sigma}\right)$$



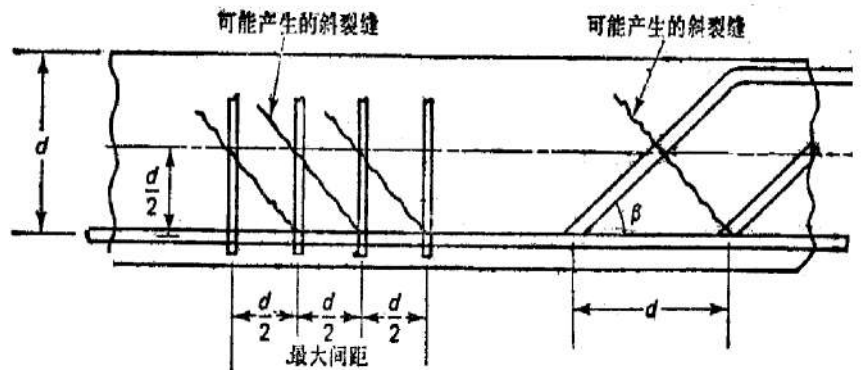
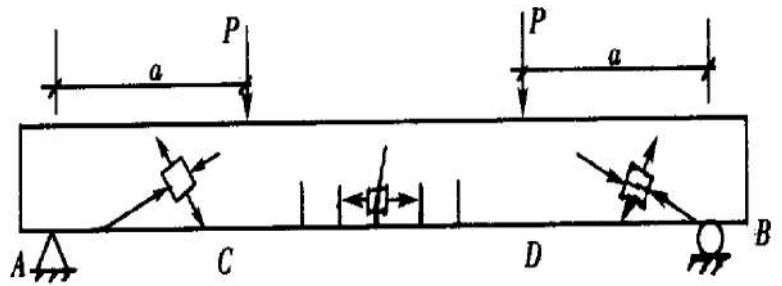
5.1.2 斜裂缝的形成

- 当主拉应力超过混凝土复合受力下的抗拉强度时，就会出现与主拉应力迹线大致垂直的裂缝。

- 抵抗主拉应力的钢筋：

弯起钢筋
箍筋

腹筋



5.2 无腹筋梁的斜截面受剪性能

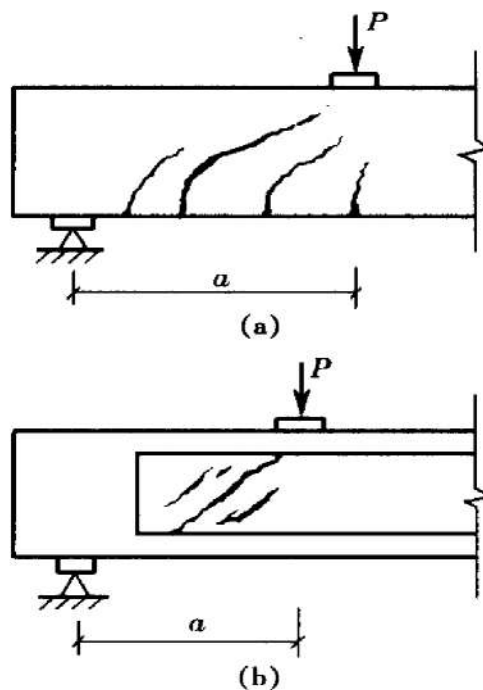
- 5.2.1 斜裂缝的类型

- (1) 弯剪斜裂缝

特点：裂缝下宽上窄

- (2) 腹剪斜裂缝

特点：裂缝中间
宽两头窄



5.2.2 剪跨比 λ 的定义

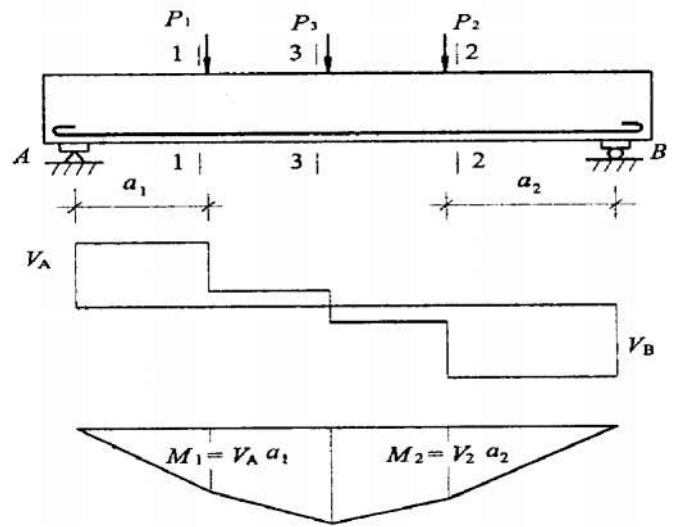
- 广义剪跨比:

$$\lambda = \frac{M}{Vh_0}$$

- 集中荷载下的简支梁,

计算剪跨比为:

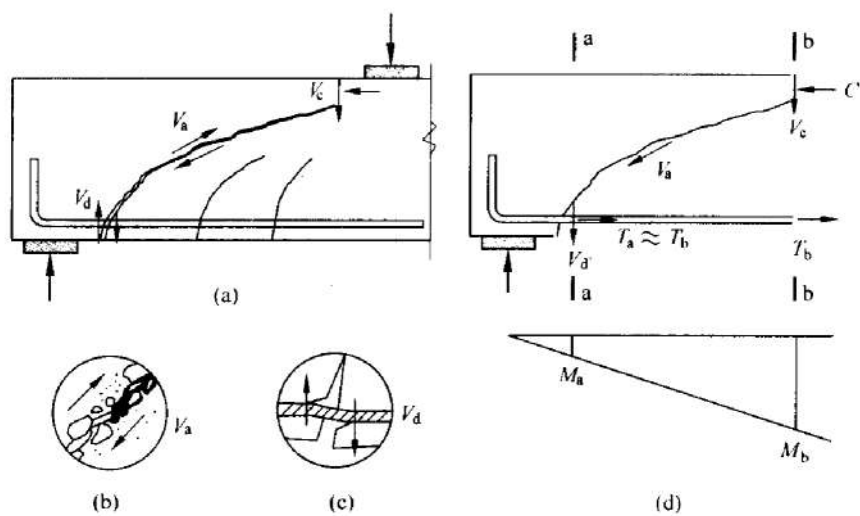
$$= \frac{a}{h_0}$$



$$\lambda_1 = \frac{M_1}{V_A h_0} = \frac{V_A a_1}{V_A h_0} = \frac{a_1}{h_0}$$

$$\lambda_2 = \frac{M_2}{V_B h_0} = \frac{V_B a_2}{V_B h_0} = \frac{a_2}{h_0}$$

5.2.3 斜裂缝形成后的应力状态及破坏分析



剪力 V 由几部分承担：

- (1) 剪压区剪力 V_c
- (2) 骨料咬合力分力 V_{ay}
- (3) 纵筋销栓力 V_d

应力状态发生变化：

- (1) 剪压区剪应力和压应力明显增大
- (2) 与斜裂缝相交的纵筋应力突然增大

破坏时的受力模型：

——拉杆——拱结构

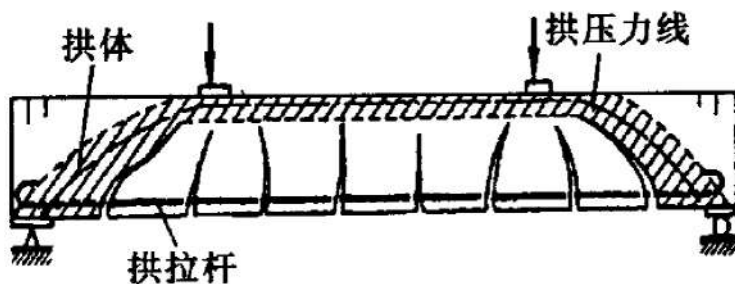
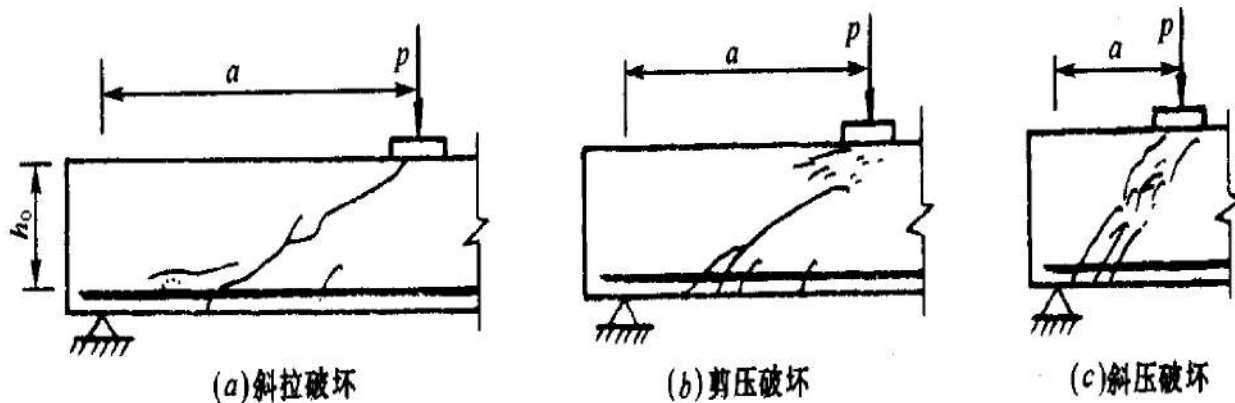


图 4-7 无腹筋梁的拉杆——拱体受力机（构）

5.2.4 无腹筋梁斜截面受剪破坏的主要形态

- 斜拉破坏、剪压破坏、斜压破坏



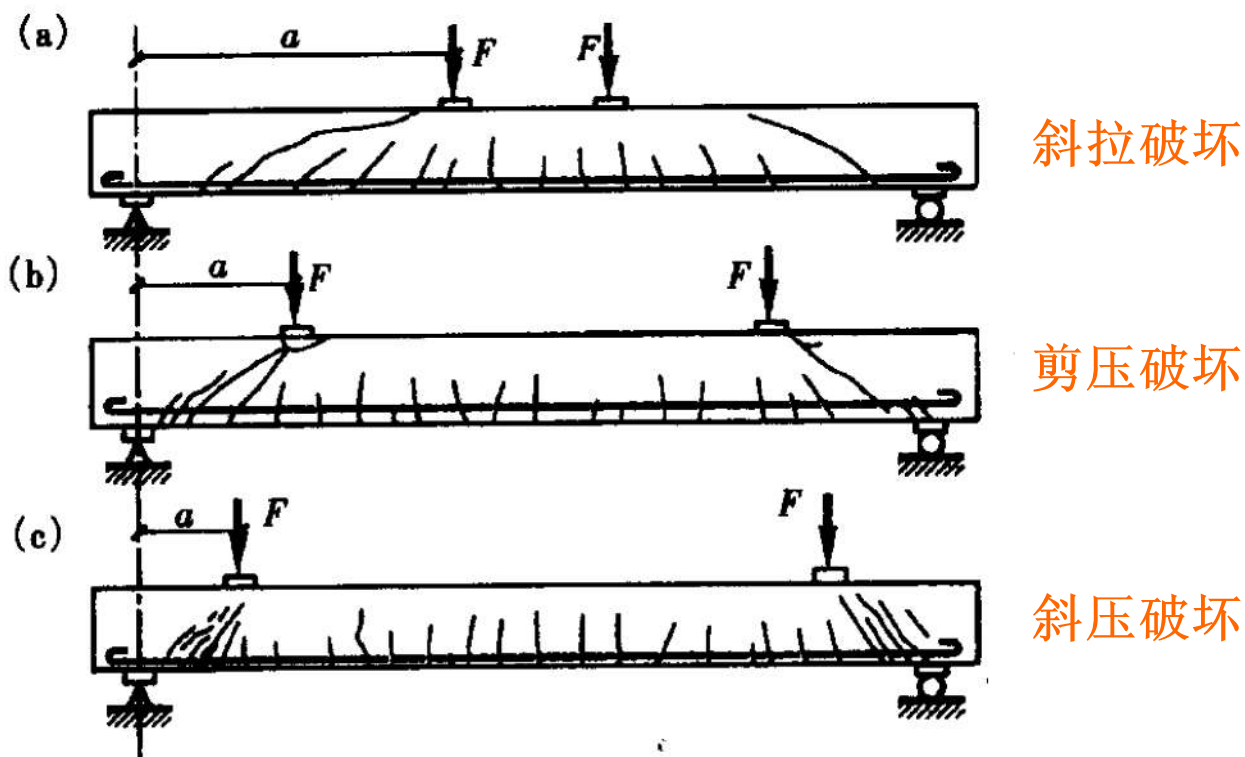
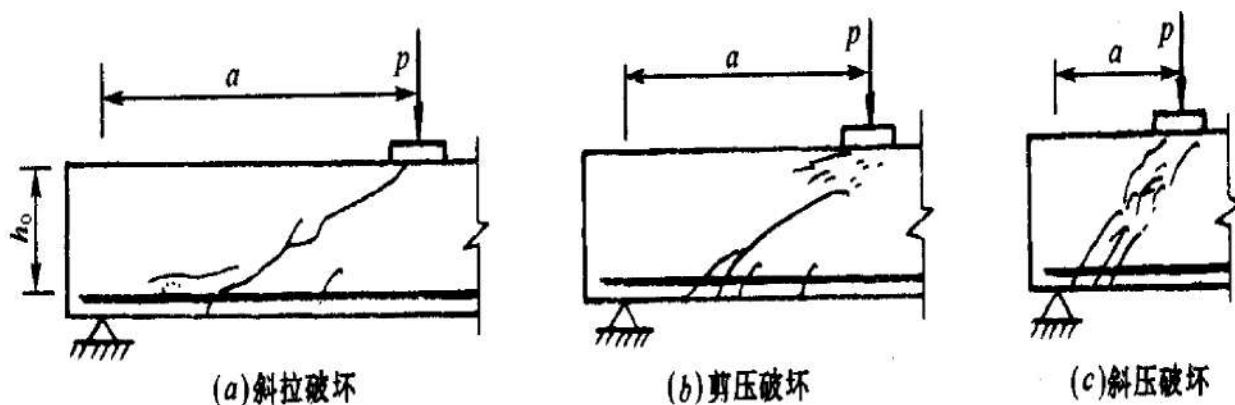


图 4-8 斜截面的破坏形态

• (1) 斜拉破坏

发生条件：剪跨比较大， $a/h_0 > 3$ 或 $l_0/h_0 > 8$

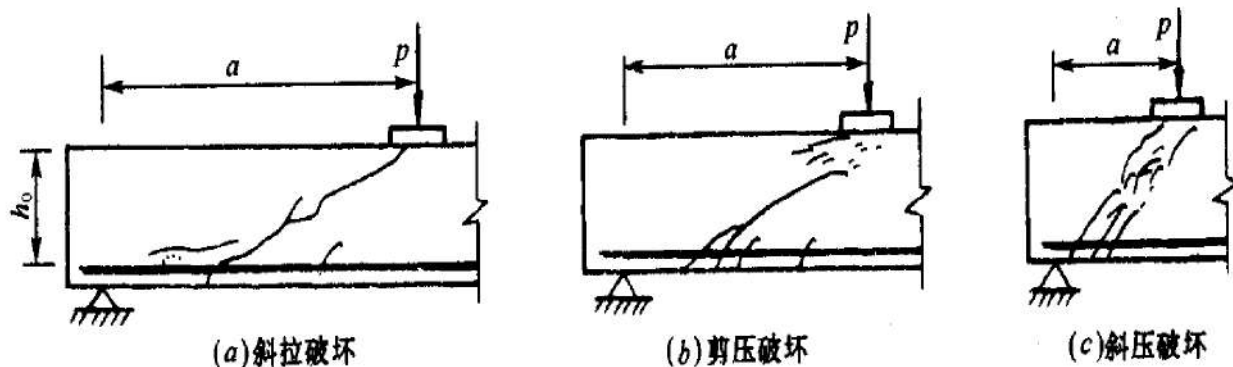


破坏特点：首先在梁的底部出现垂直的弯曲裂缝；随即，其中一条弯曲裂缝很快地斜向伸展到梁顶的集中荷载作用点处，形成所谓的临界斜裂缝，将梁劈裂为两部分而破坏，同时，沿纵筋往往伴随产生水平撕裂裂缝。

• 抗剪承载力取决于混凝土的抗拉强度

• (2) 剪压破坏

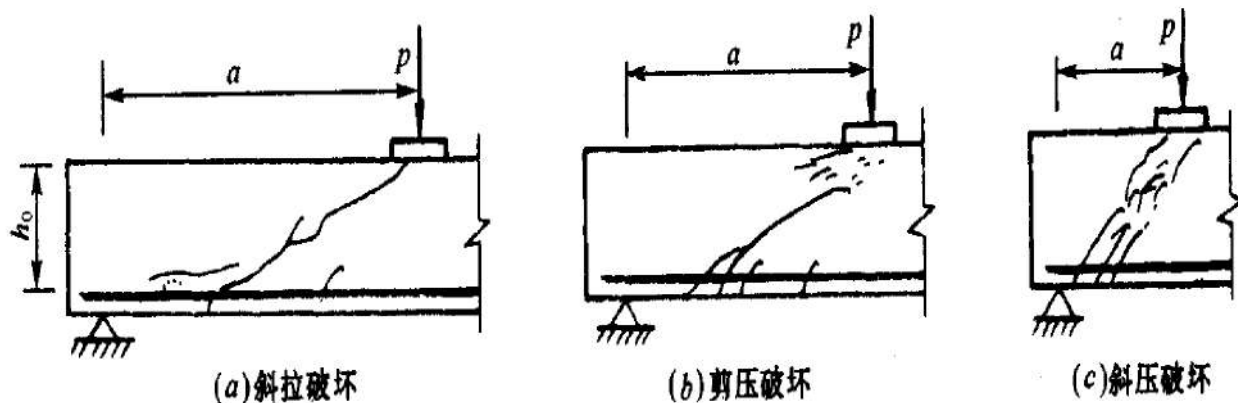
- **发生条件：** 剪跨比适中 $1 \leq a/h_0 \leq 3$ 或 $3 \leq l_0/h_0 \leq 8$



- **破坏特点：** 首先在剪跨区出现数条短的弯剪斜裂缝，其中一条延伸最长、开展较宽的裂缝成为临界斜裂缝；临界斜裂缝向荷载作用点延伸，使混凝土受压区高度不断减小，导致剪压区混凝土达到复合应力状态下的极限强度而破坏。

- (3) 斜压破坏

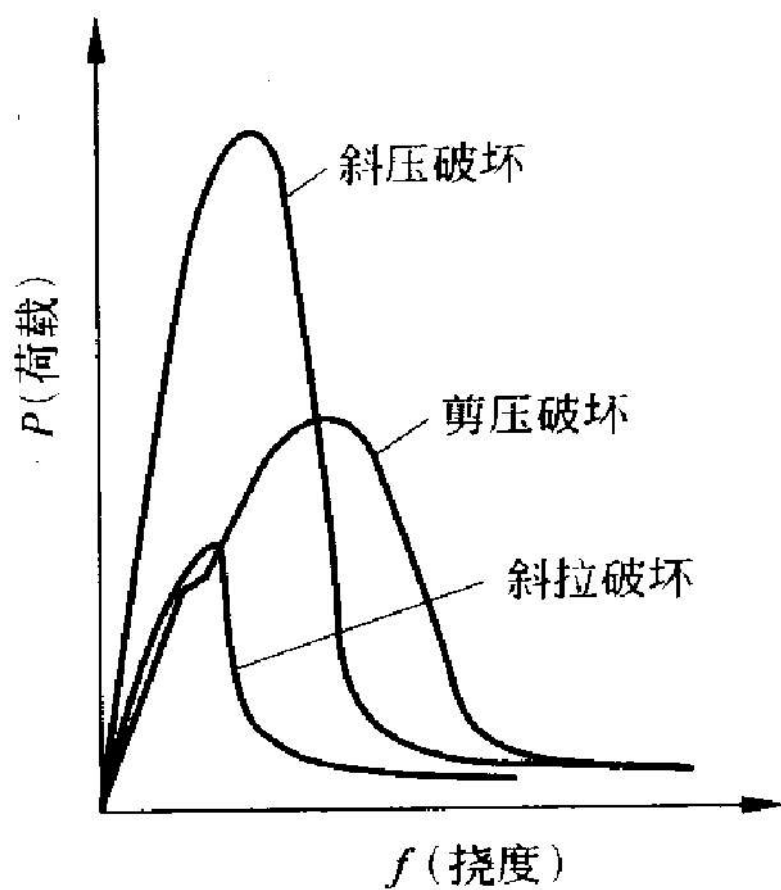
- 发生条件：剪跨比很小 $a/h_0 < 1$ 或 $l_0/h_0 < 3$



破坏特征： 在梁腹中垂直于主拉应力方向，先后出现若干条大致相互平行的腹剪斜裂缝，梁的腹部被分割成若干斜向的受压短柱。随着荷载的增大，混凝土短柱沿斜向最终被压酥破坏。

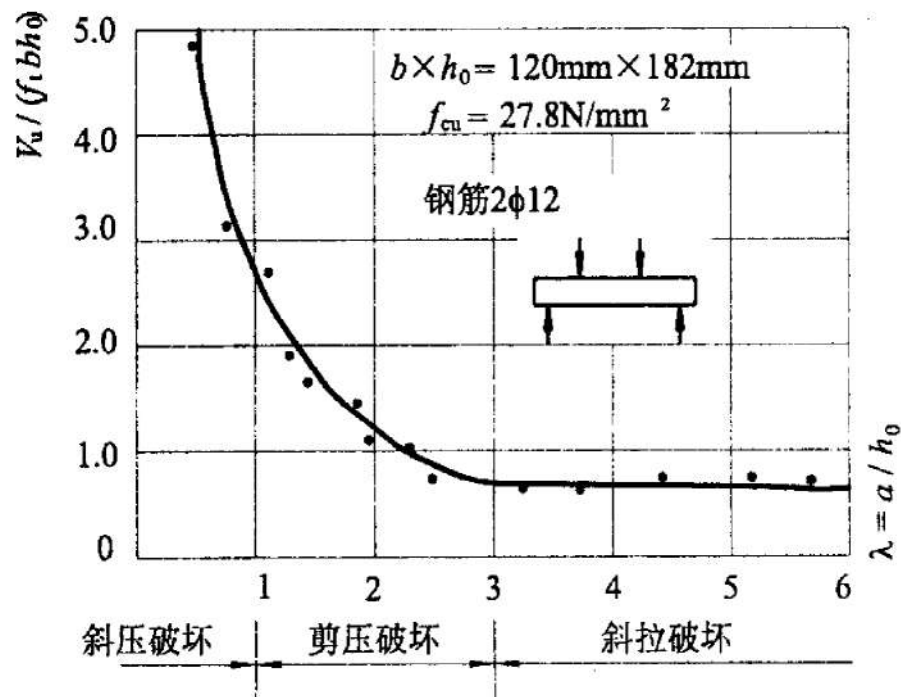
- 抗剪承载力取决于混凝土的抗压强度

- 受剪破坏均属于脆性破坏，其中斜拉破坏最明显，斜压破坏次之，剪压破坏稍好。

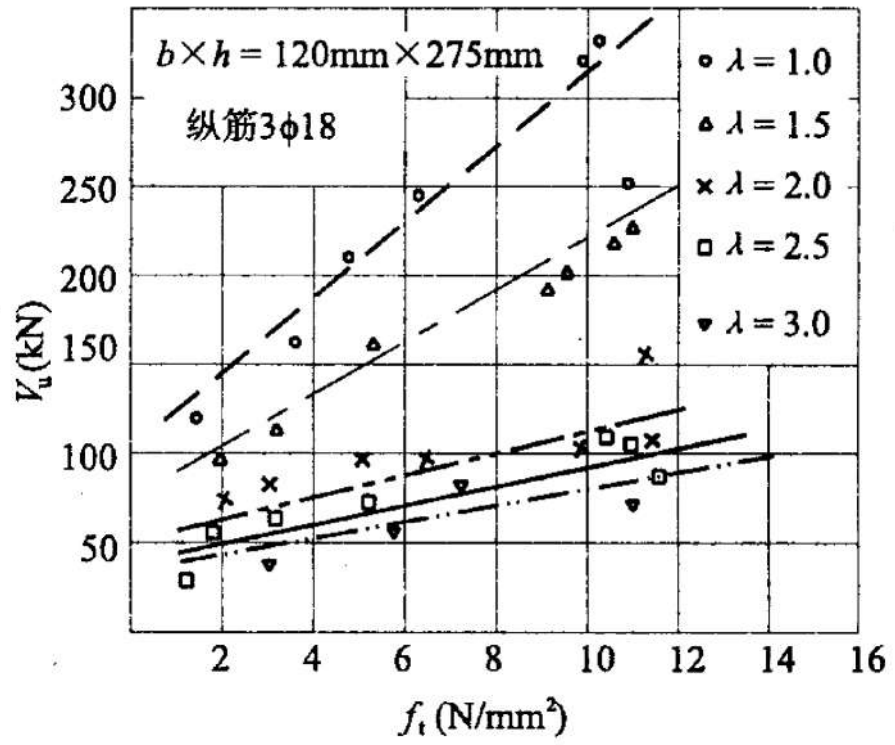


5.2.5 影响无腹筋梁斜截面受剪承载力的主要因素

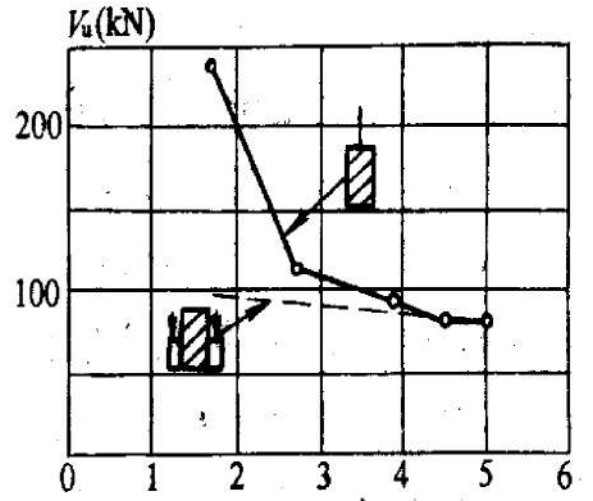
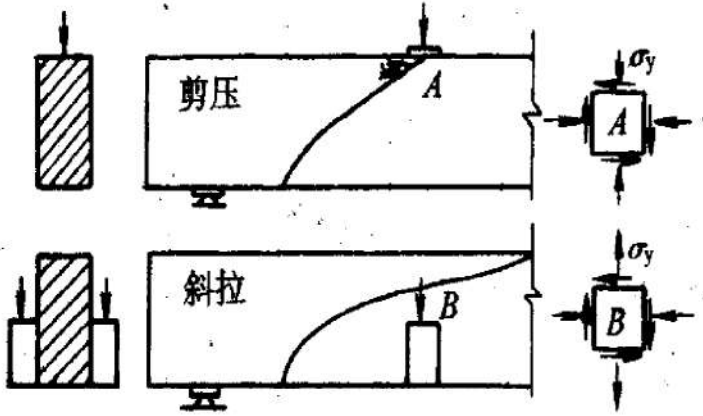
(1) 剪跨比



(2) 混凝土强度



(3) 加载方式



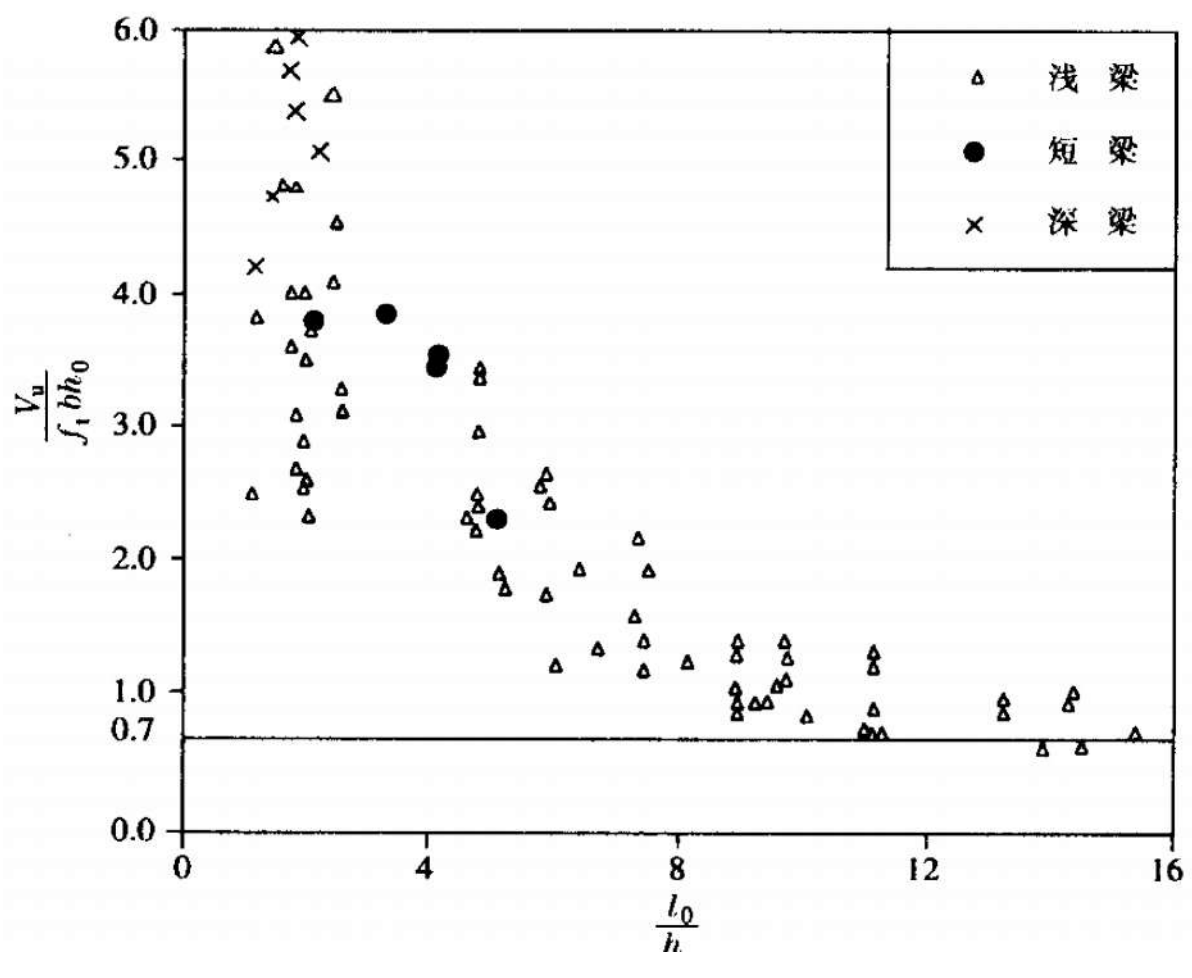
- (4) 纵筋配筋率
- (5) 截面形式
- (6) 尺寸效应
- (7) 梁的连续性

5.2.6 无腹筋梁受剪承载力计算公式

- (1) 对矩形、T形和 I 形截面的一般受弯构件，受剪承载力设计值可按下列公式计算：

$$V_c = 0.7 f_t b h_0$$

b——矩形截面的宽度或T形截面和 I 形截面的腹板宽度。



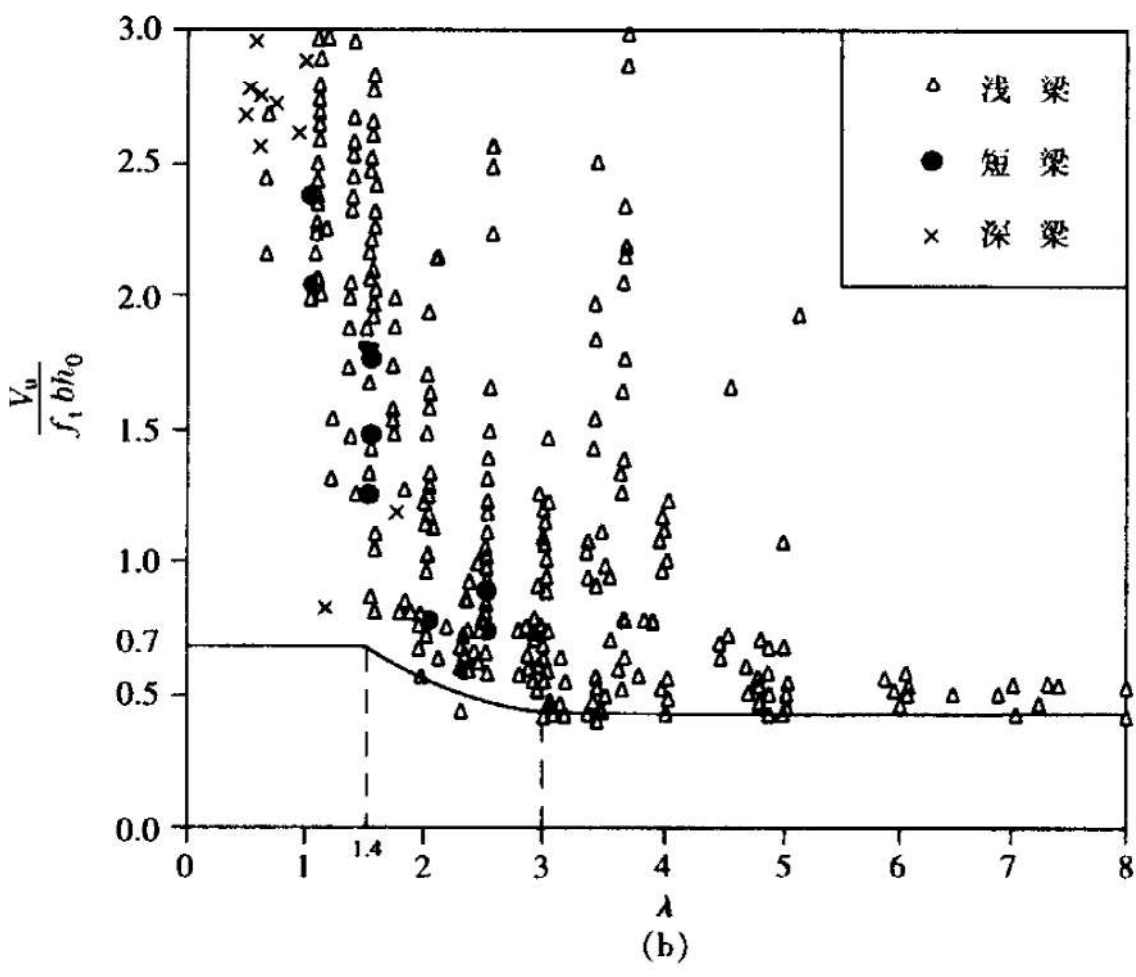
- (2) 集中荷载作用下的矩形、T形和I形截面**独立梁**（包括作用有多种荷载，且集中荷载在支座截面所产生的剪力值占总剪力值的**75%**以上的情况），受剪承载力设计值应按下列

$$V_c = \frac{1.75}{\lambda + 1.0} f_t b h_0$$

$$\lambda = \frac{a}{h_0}, \quad \text{当 } \lambda < \mathbf{1.5} \text{ 时, 取 } \lambda = \mathbf{1.5}, \quad \text{当 } \lambda > \mathbf{3}$$

时, 取 $\lambda = \mathbf{3}$ 。a 为集中荷载作用点到支座或节点边缘的距离。

独立梁是指不与楼板整体浇筑的梁。



- **(3)** 厚板类受弯构件斜截面受剪承载力应按下列公式计算：

$$V_c = 0.7 \beta_h f_t b h_0$$

$$\beta_h = \left(\frac{800}{h_0}\right)^{1/4}$$

一般板类受弯构件主要指受均布荷载作用下的单向板和双向板需要按单向板计算的构件。

需要说明的是：

以上无腹筋梁受剪承载力计算公式仅有理论上的意义。

实际无腹筋梁不允许采用

《规范》中仅给出不配置箍筋和弯起钢筋的一般单向板类构件的受剪承载力计算公式

$$V_c = 0.7 \beta_h f_t b h_0$$

$$\beta_h = \left(\frac{800}{h_0} \right)^{1/4}$$

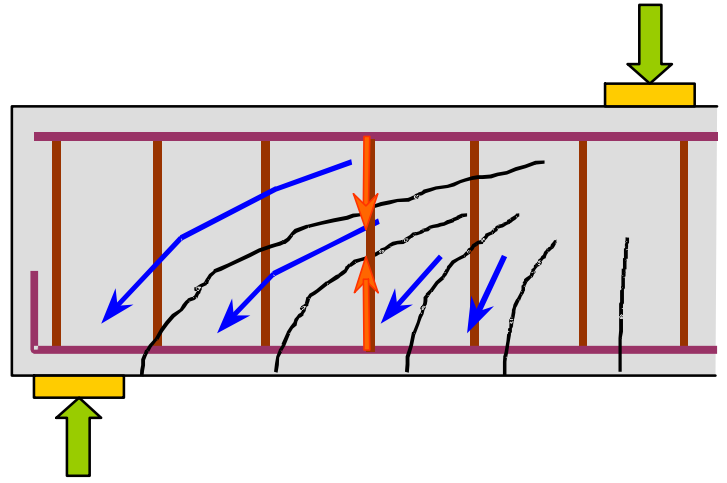
β_h - 截面高度影响系数

当 h_0 小于800mm时取 $h_0=800$ mm

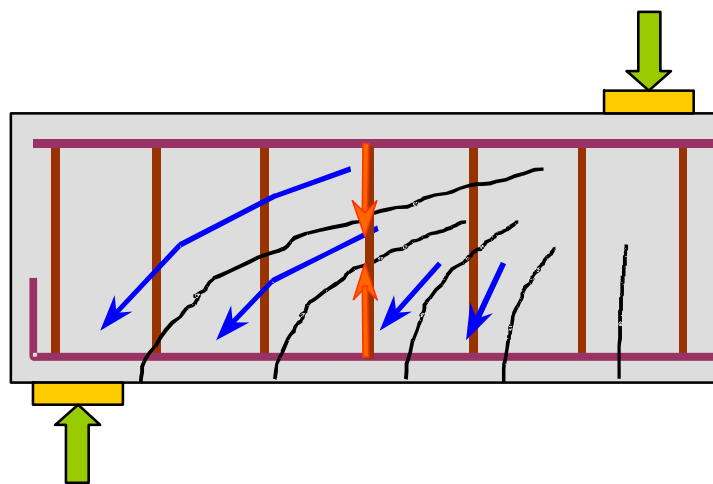
当 $h_0 \geq 2000$ mm时取 $h_0=2000$ mm

5.3 有腹筋梁的受剪性能

- ◆ 梁中配置箍筋(stirrup)，出现斜裂缝后，梁的剪力传递机构由原来无腹筋梁的**拉杆拱传递机构**转变为**桁架与拱的复合传递机构**
- ◆ 斜裂缝间齿状体混凝土有如**斜压腹杆**(compression diagonals)
- ◆ 箍筋的作用有如**竖向拉杆**
- ◆ 临界斜裂缝上部及受压区混凝土相当于**受压弦杆**(compression chord)
- ◆ 纵筋相当于**下弦拉杆**(tension chord)



5.3 有腹筋梁的受剪性能



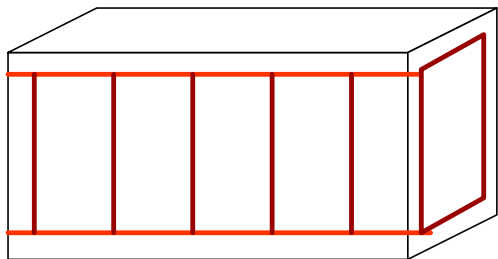
- ◆ 箍筋将齿状体混凝土传来的荷载悬吊到受压弦杆，增加了混凝土传递受压的作用
- ◆ 斜裂缝间的骨料咬合作用，还将一部分荷载传递到支座（拱作用arch mechanism）

一、箍筋的作用

- ◆ 斜裂缝出现后，拉应力由箍筋承担，**增强了梁的剪力传递能力**；
- ◆ 箍筋控制了斜裂缝的开展，增加了剪压区的面积，**使 V_c 增加，骨料咬合力 V_a 也增加**；
- ◆ 吊住纵筋，延缓了撕裂裂缝的开展，**增强了纵筋销栓作用 V_d** ；
- ◆ 箍筋参与斜截面的受弯，**使斜裂缝出现后纵筋应力 σ_s 的增量减小**；
- ◆ **配置箍筋对斜裂缝开裂荷载没有影响，也不能提高斜压破坏的承载力**，即对小剪跨比情况，箍筋的上述作用很小；对大剪跨比情况，箍筋配置如果超过某一限值，则产生斜压杆压坏，继续增加箍筋没有作用。

二、破坏形态

影响有腹筋梁破坏形态的主要因素有剪跨比 λ 和配箍率 ρ_{sv}

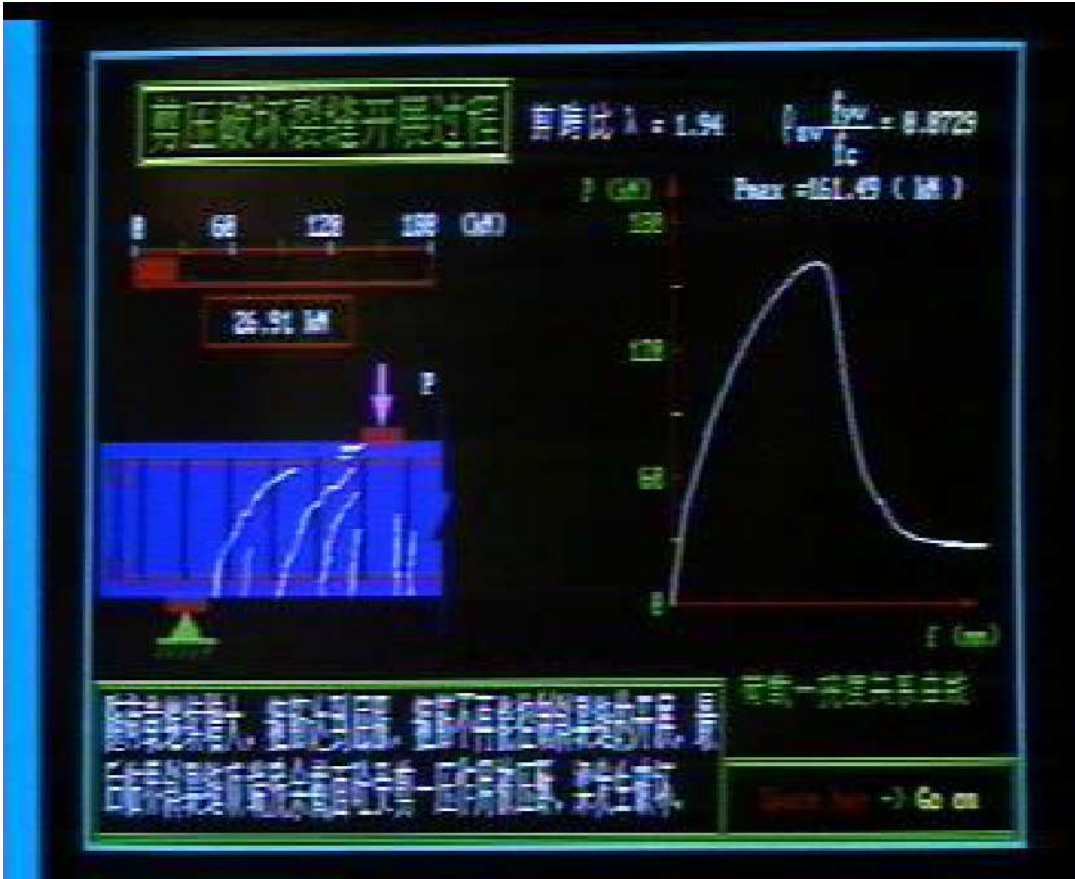


$$\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{bs} = \frac{nA_{sv1}}{bs}$$

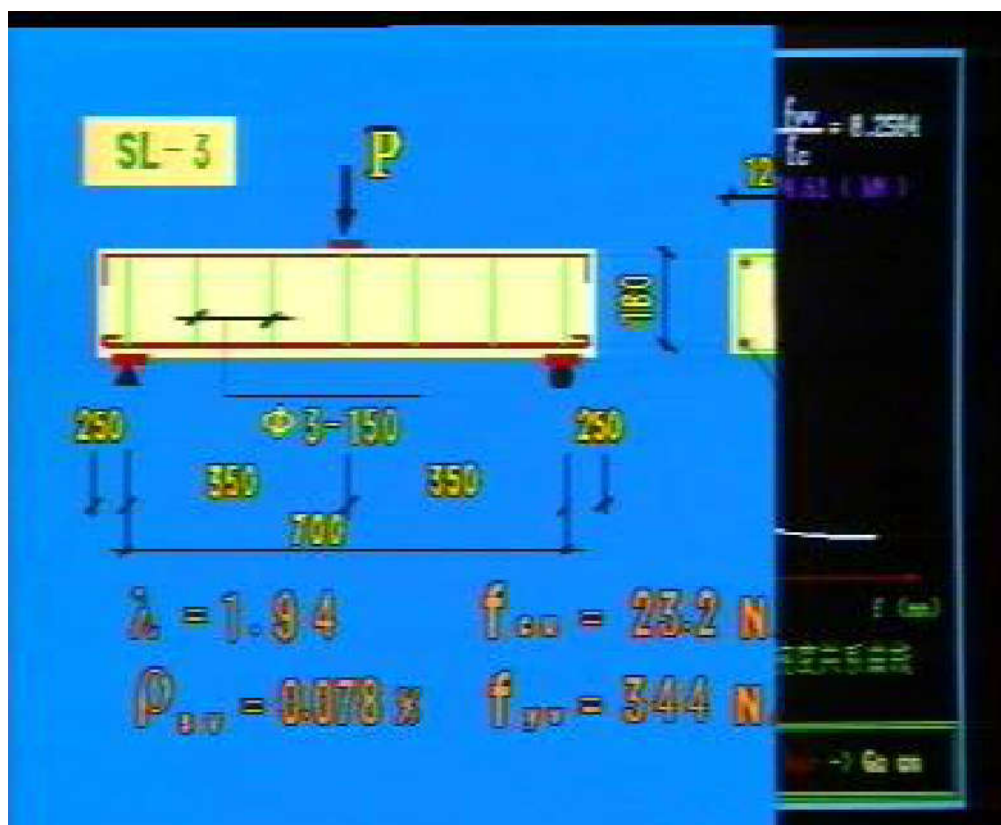
剪跨比 配箍率	$\lambda < 1$	$1 < \lambda < 3$	$\lambda > 3$
无腹筋	斜压破坏	剪压破坏	斜拉破坏
ρ_{sv} 很小	斜压破坏	剪压破坏	斜拉破坏
ρ_{sv} 适量	斜压破坏	剪压破坏	剪压破坏
ρ_{sv} 很大	斜压破坏	斜压破坏	斜压破坏



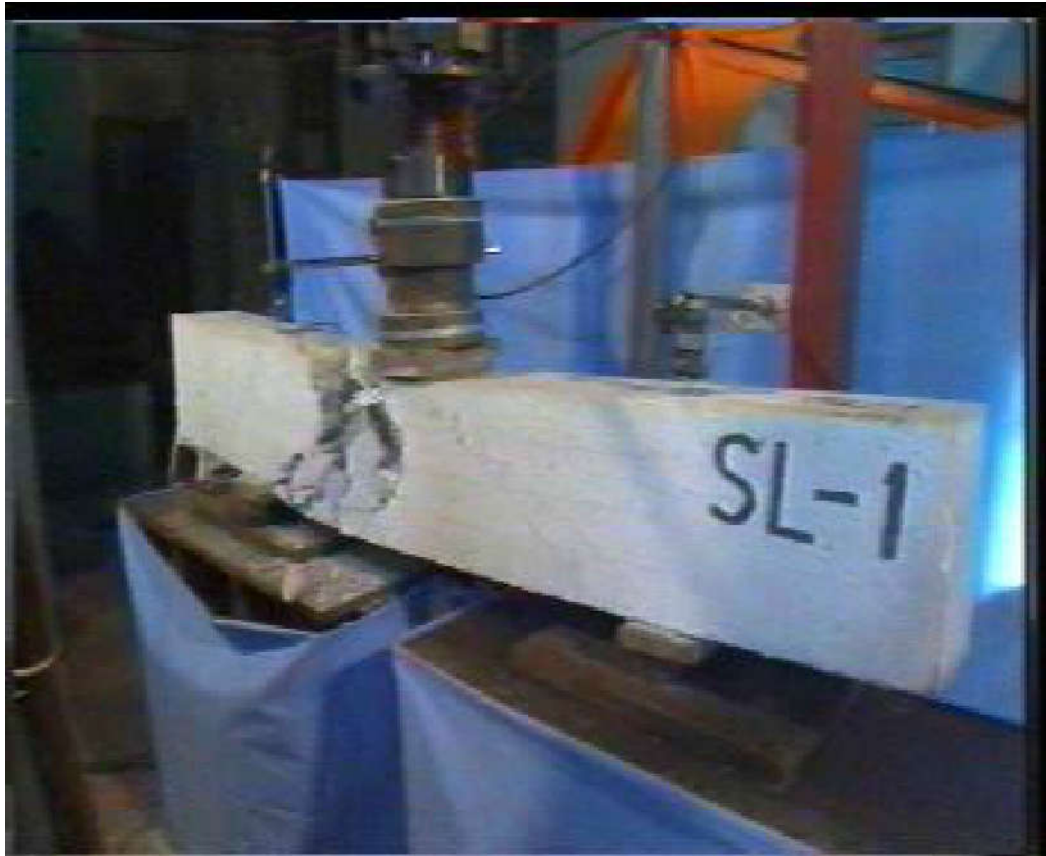
箍筋合适时受剪实验录象



箍筋较多时受剪实验录象

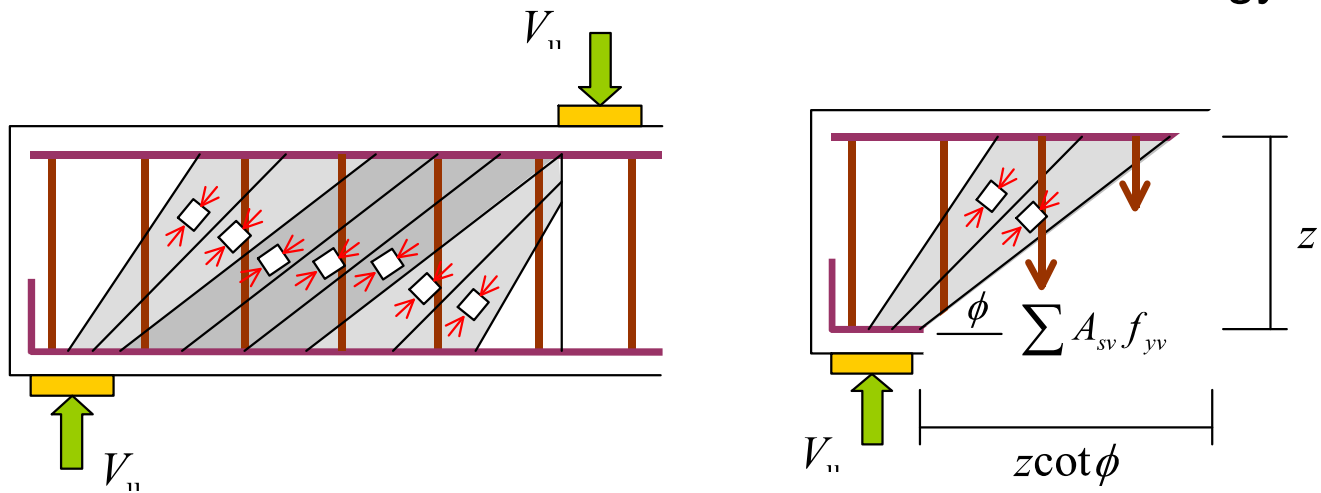


箍筋较少时受剪实验录象



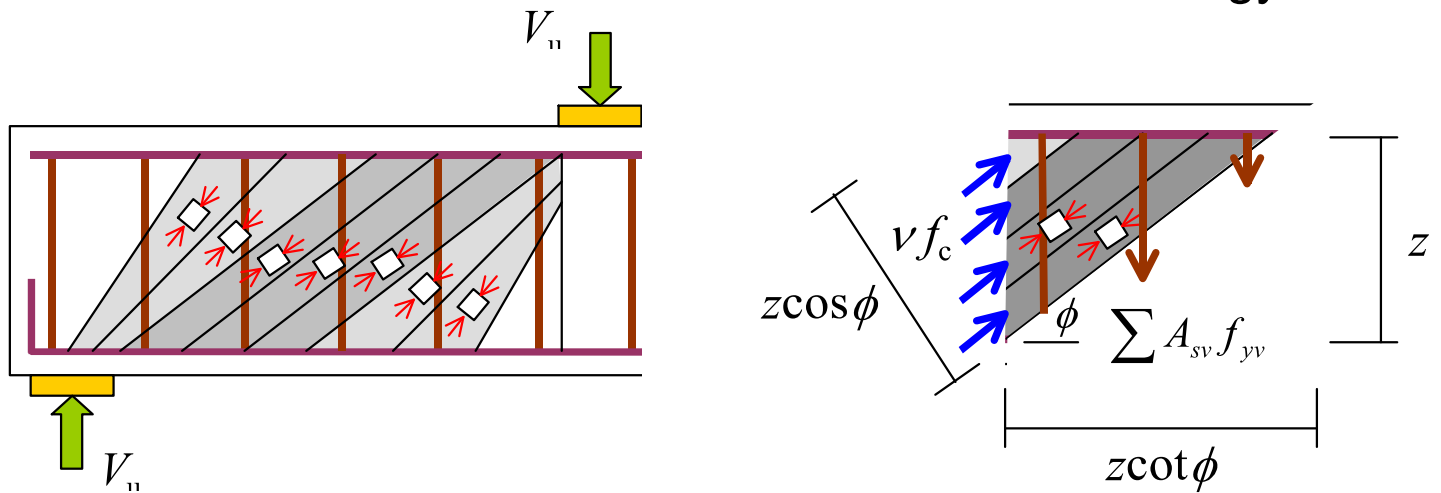
剪跨比对有腹筋梁的影响

三、按桁架模型推导的受剪承载力公式 (truss analogy)



$$V_u = \sum A_{sv} f_{yv} = \frac{A_{sv} f_{yv}}{s} \cdot z \cdot \cot \phi = \rho_{sv} f_{yv} b \cdot z \cdot \cot \phi$$

三、按桁架模型推导的受剪承载力公式 (truss analogy)



$$V_u = \sum A_{sv} f_{yv} = \frac{A_{sv} f_{yv}}{s} \cdot z \cdot \cot \phi = \rho_{sv} f_{yv} b \cdot z \cdot \cot \phi$$

$$v \cdot f_c b \cdot z \cos \phi \cdot \sin \phi = \sum A_{sv} f_{yv} = \rho_{sv} f_{yv} b \cdot z \cot \phi$$

$$v \cdot f_c b \cdot z \cdot \sin^2 \phi = \rho_{sv} f_{yv} b \cdot z$$

$$\sin^2 \phi = \frac{1}{1 + \cot^2 \phi}$$

$$V_u = \rho_{sv} f_{yv} b \cdot z \cdot \cot \phi$$

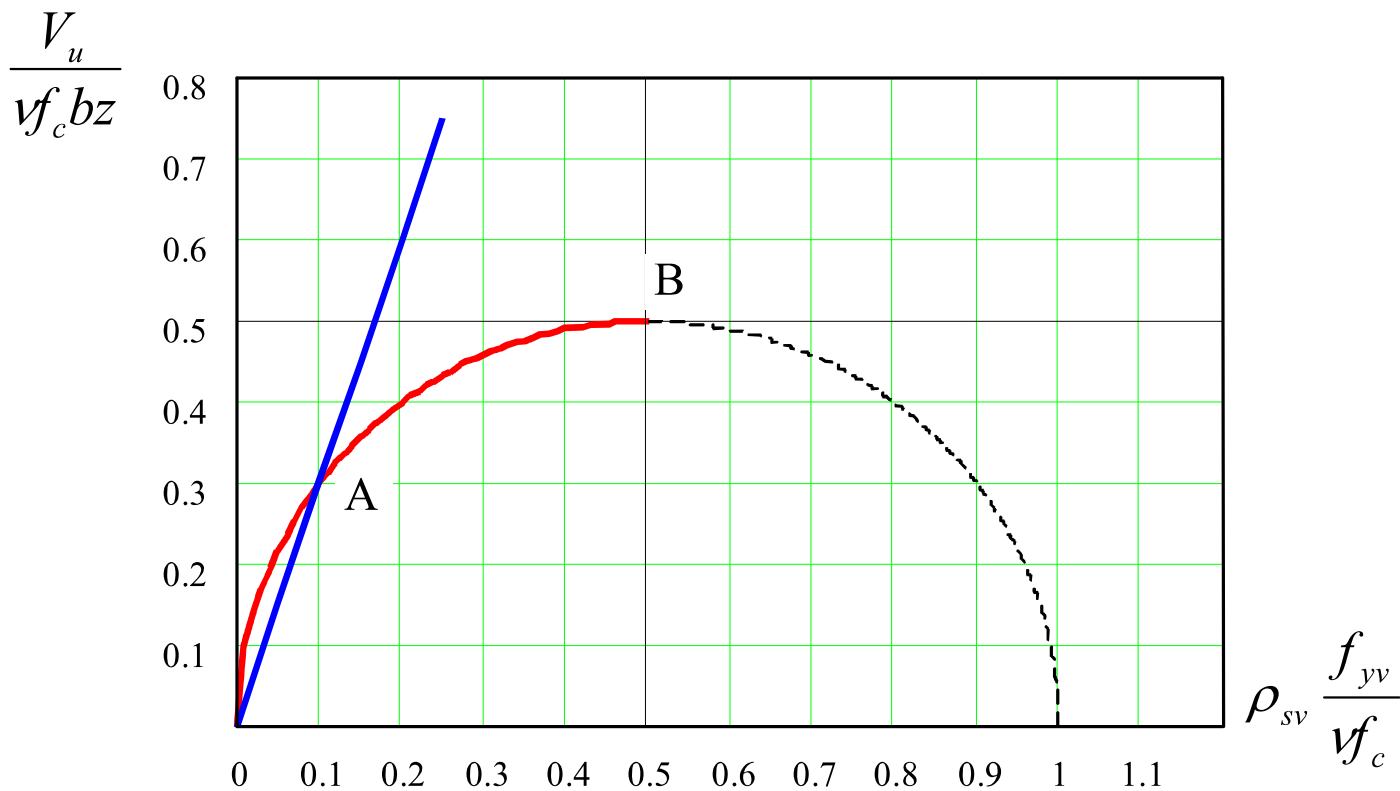
$$\cot \phi = \sqrt{\frac{v \cdot f_c}{\rho_{sv} f_{yv}} - 1}$$

- ☒ 上式表明，箍筋用量越少， $\cot \phi$ 越大，也即斜压杆角度越小
- ☒ 当为最小配箍率时，得到 $\cot \phi$ 的上限
- ☒ 该上限还与剪跨比有关，剪跨比越大， $\cot \phi$ 的上限也越大
- ☒ 取斜拉破坏时的斜裂缝角度作为 $\cot \phi$ 的上限，试验结果 $\cot \phi = 3$ 左右。因此，当 $\cot \phi$ 大于 3 时，应取等于 3，即有，

$$V_u = \min \begin{cases} \rho_{sv} f_{yv} b \cdot z \cdot \sqrt{\frac{v \cdot f_c}{\rho_{sv} f_{yv}} - 1} \\ 3 \rho_{sv} f_{yv} b \cdot z \end{cases}$$

配箍率超过B点后，则在箍筋屈服前，斜压杆混凝土已压坏，因此B点为受剪承载力的上限。

$$V_u = \min \left\{ \begin{array}{l} \rho_{sv} f_{yv} b \cdot z \cdot \sqrt{\frac{v \cdot f_c}{\rho_{sv} f_{yv}} - 1} \\ 3 \rho_{sv} f_{yv} b \cdot z \end{array} \right.$$



5.4 受剪承载力的计算

一、计算公式

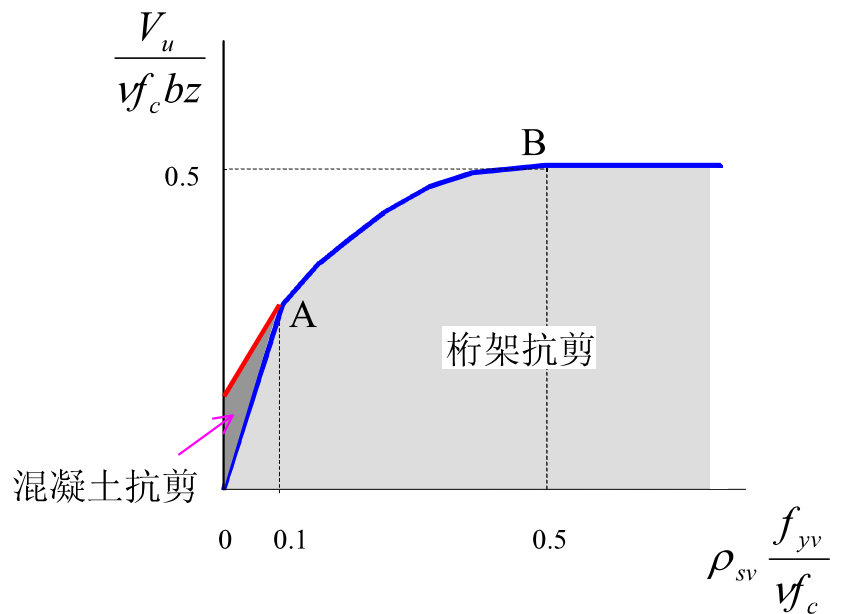
$$V_u = V_c + V_s$$

V_c 为无腹筋梁的承载力

考虑到配置箍筋后尺寸效应的影响减小，以及纵向钢筋的影响并不是很大，故均取 $\beta_h=1$ ， $\beta_p=1$ 。

$$V_s = \rho_{sv} f_{yv} b \cdot z \cdot \cot \phi = \alpha_{sv} \cdot \rho_{sv} f_{yv} b h_0$$

系数 α_{sv} 与斜裂缝水平投影长度以及内力臂 z 与有效高度 h_0 的比值有关。



矩形、T形和工形截面的一般受弯构件

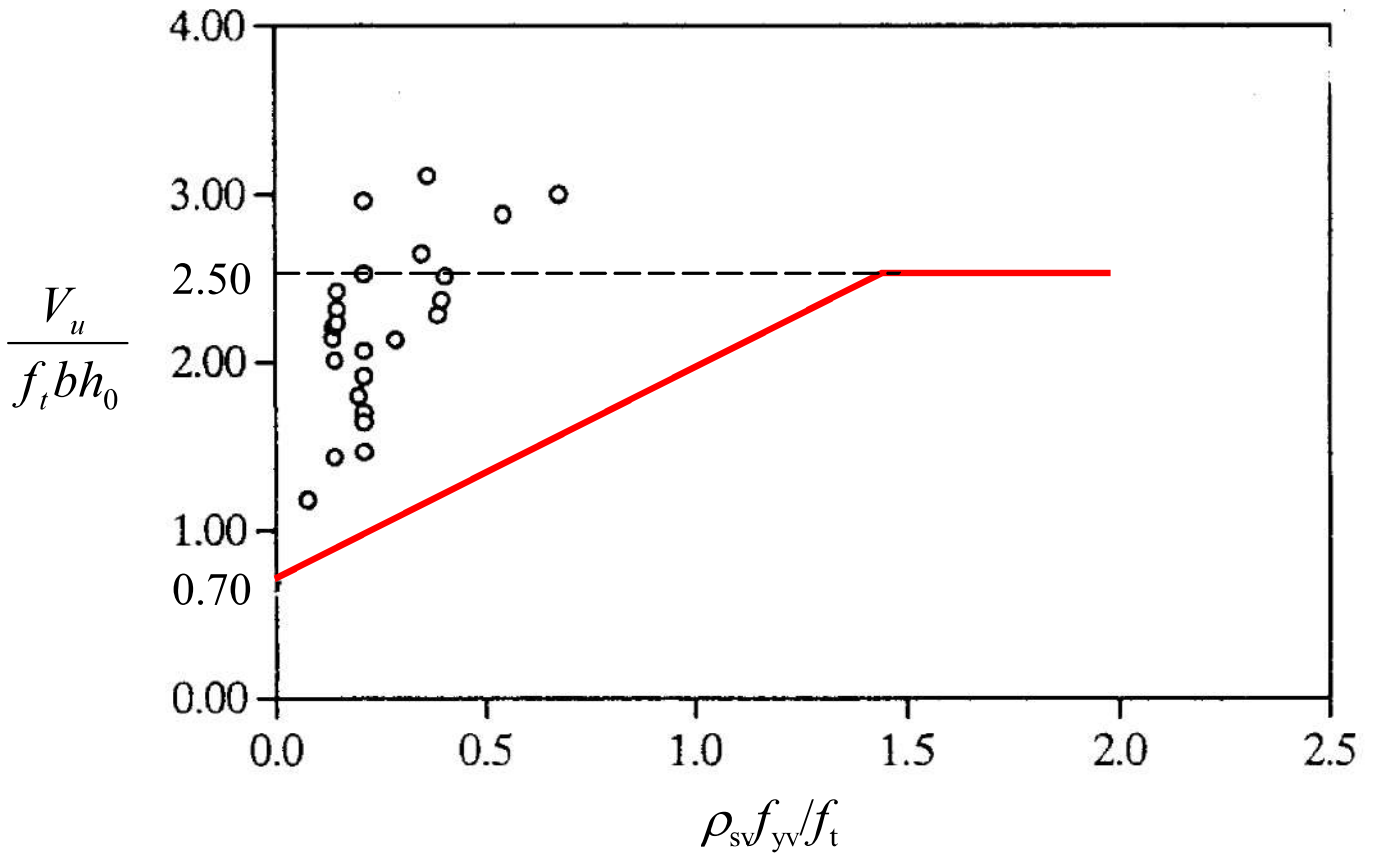
$$\text{新《规范》： } V_u = 0.7 f_t b h_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0$$

$$\text{现《规范》： } V_u = 0.07 f_c b h_0 + 1.5 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0$$

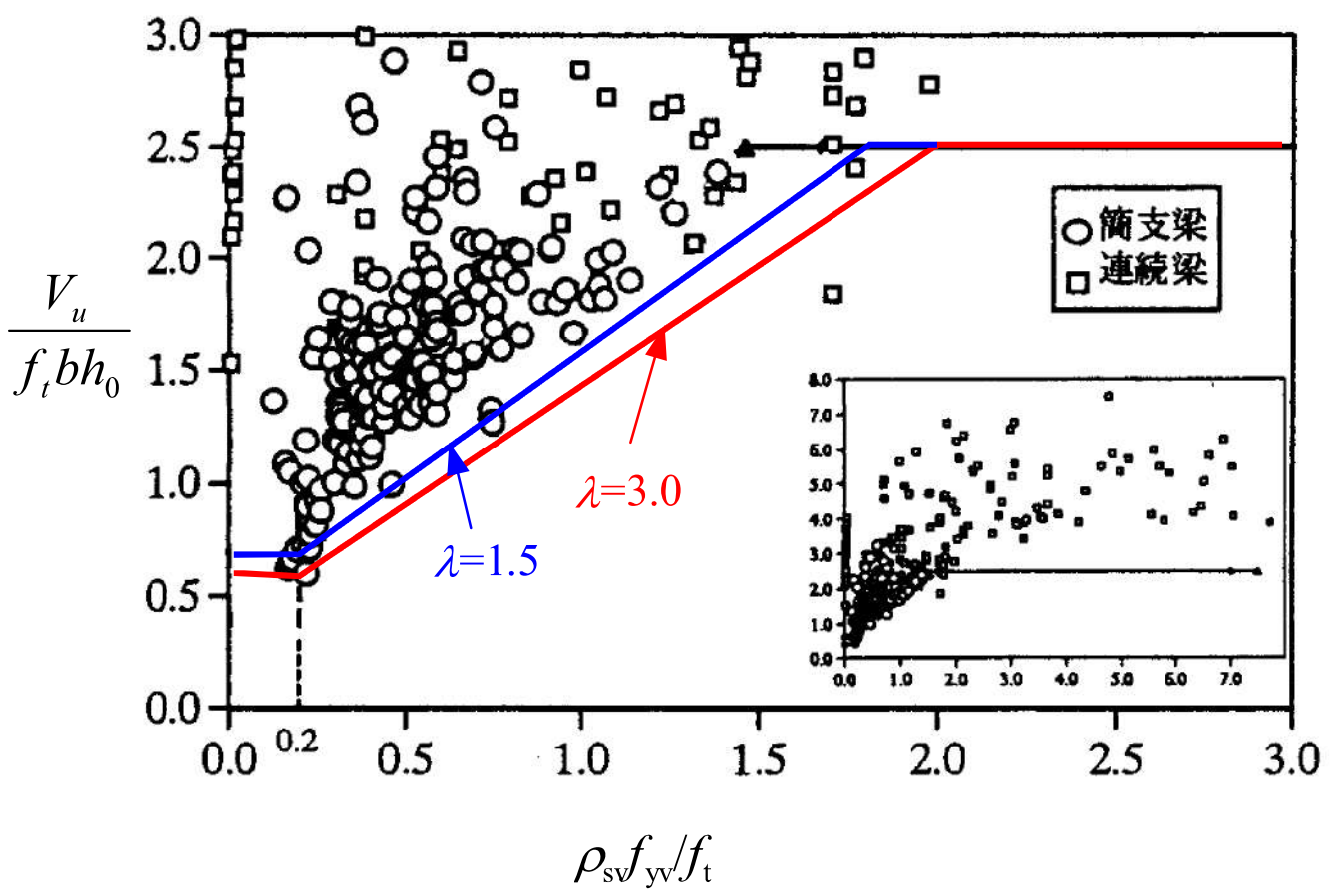
集中荷载作用下的独立梁

$$\text{新《规范》： } V_u = \frac{1.75}{\lambda + 1.0} f_t b h_0 + 1.0 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0$$

$$\text{现《规范》： } V_u = \frac{0.2}{\lambda + 1.5} f_c b h_0 + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0$$



矩形、T形和工形截面的一般受弯构件



集中荷载作用下的独立梁

二、截面限制条件

- ◆ 当配箍率超过一定值后，则在箍筋屈服前，斜压杆混凝土已压坏，故可取斜压破坏作为受剪承载力的上限。
- ◆ 斜压破坏取决于混凝土的抗压强度和截面尺寸。
- ◆ 《规范》是通过控制受剪截面剪力设计值不大于斜压破坏时的受剪承载力来防止由于配箍率而过高产生斜压破坏
- ◆ 受剪截面应符合下列截面限制条件，

当 $\frac{h_w}{b} \leq 4$ 时， $V \leq 0.25\beta_c f_c b h_0$ β_c 为高强混凝土的强度折减系数

当 $\frac{h_w}{b} \geq 6$ 时， $V \leq 0.20\beta_c f_c b h_0$ $f_{cu,k} \leq 50\text{N/mm}^2$ 时， $\beta_c = 1.0$
 $f_{cu,k} = 80\text{N/mm}^2$ 时， $\beta_c = 0.8$

当 $4 < \frac{h_w}{b} < 6$ 时，按直线内插法取用。 其间线性插值。

二、截面限制条件

- ◆ 当配箍率超过一定值后，则在箍筋屈服前，斜压杆混凝土已压坏，故可取斜压破坏作为受剪承载力的上限。
- ◆ 斜压破坏取决于混凝土的抗压强度和截面尺寸。
- ◆ 《规范》是通过控制受剪截面剪力设计值不大于斜压破坏时的受剪承载力来防止由于配箍率而过高产生斜压破坏
- ◆ 受剪截面应符合下列截面限制条件，

$$\text{当 } \frac{h_w}{b} \leq 4 \text{ 时,} \quad V \leq 0.25\beta_c f_c b h_0$$

h_w 截面腹板高度

★ 矩形截面取 $h_w = h_0$

★ T形截面取 $h_w = h_0 - h_f'$

★ 工形截面取 $h_w = h_0 - h_f' - h_f$

b 为矩形截面的宽度

$$\text{当 } \frac{h_w}{b} \geq 5 \text{ 时,} \quad V \leq 0.20\beta_c f_c b h_0$$

当 $4 < \frac{h_w}{b} < 5$ 时，按直线内插法取用。

或T形截面和工形截面的腹板宽度

三、最小配箍率及配箍构造

- ◆ 当配箍率小于一定值时，斜裂缝出现后，箍筋因不能承担斜裂缝截面混凝土退出工作释放出来的拉应力，而很快达到屈服，其受剪承载力与无腹筋梁基本相同。
- ◆ 当剪跨比较大时，可能产生斜拉破坏。
- ◆ 为防止这种少筋破坏，《规范》规定当 $V > 0.7f_tbh_0$ 时，配箍率应满足

$$\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{bs} \geq \rho_{sv,\min} = 0.24 \frac{f_t}{f_{yv}}$$

对于一般受弯构件，相应受剪承载力为，

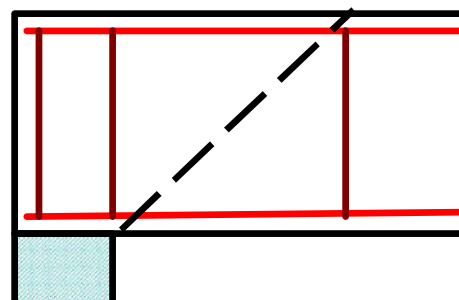
$$V_u = 0.7f_tbh_0 + 1.25f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 = 1.0f_tbh_0$$

表 6-2 梁中箍筋最大间距 S_{\max} (mm)

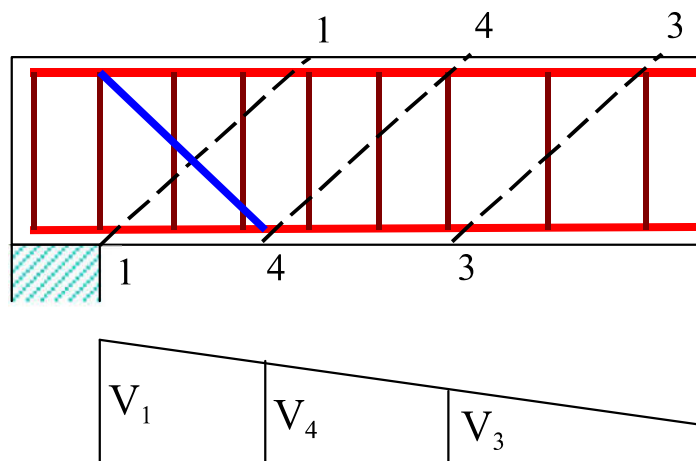
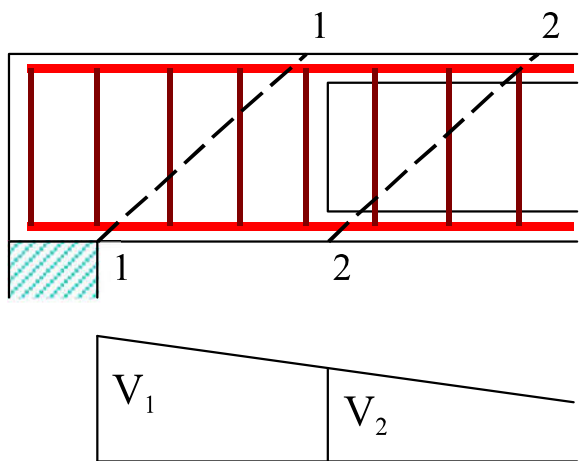
梁高 h (mm)	$V > 0.7f_t b h_0$	$V \leq 0.7f_t b h_0$
$150 < h \leq 300$	150	200
$300 < h \leq 500$	200	300
$500 < h \leq 800$	250	350
$h > 800$	300	400

表 6-3 梁中箍筋最小直径(mm)

梁高 h (mm)	箍筋直径
$h \leq 250$	4
$250 < h \leq 800$	6
$h > 800$	8



四、受剪计算斜截面



- (1) 支座边缘截面（1-1）；
- (2) 腹板宽度改变处截面（2-2）；
- (3) 箍筋直径或间距改变处截面（3-3）；
- (4) 受拉区弯起钢筋弯起点处的截面（4-4）。

五、仅配箍筋梁的设计计算

钢筋混凝土梁一般先进行正截面承载力设计，初步确定截面尺寸和纵向钢筋后，再进行斜截面受剪承载力设计计算。

◆ 具体计算步骤如下：

(1) 验算截面限制条件，如不满足应？

(2) 如 $V < V_c$ ，？

(3) 如 $0.25f_c b h_0 > V > V_c$ ，？

一般受弯构件

$$\frac{A_{sv}}{s} = \frac{V - 0.7 f_t b h_0}{1.25 f_{yv} h_0}$$

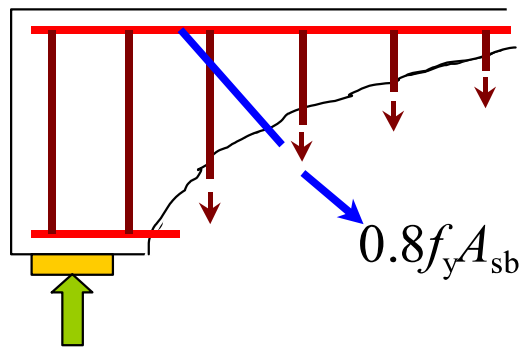
集中荷载作用下的独立梁

$$\frac{A_{sv}}{s} = \frac{V - \frac{1.75}{\lambda + 1.0} f_t b h_0}{f_{yv} h_0}$$

(4) 根据 A_{sv}/s 计算值确定箍筋肢数、直径和间距，并应满足最小配箍率、箍筋最大间距和箍筋最小直径的要求。

六、弯起钢筋

当剪力较大时，可利用纵筋弯起与斜裂缝相交来提高受剪承载力。

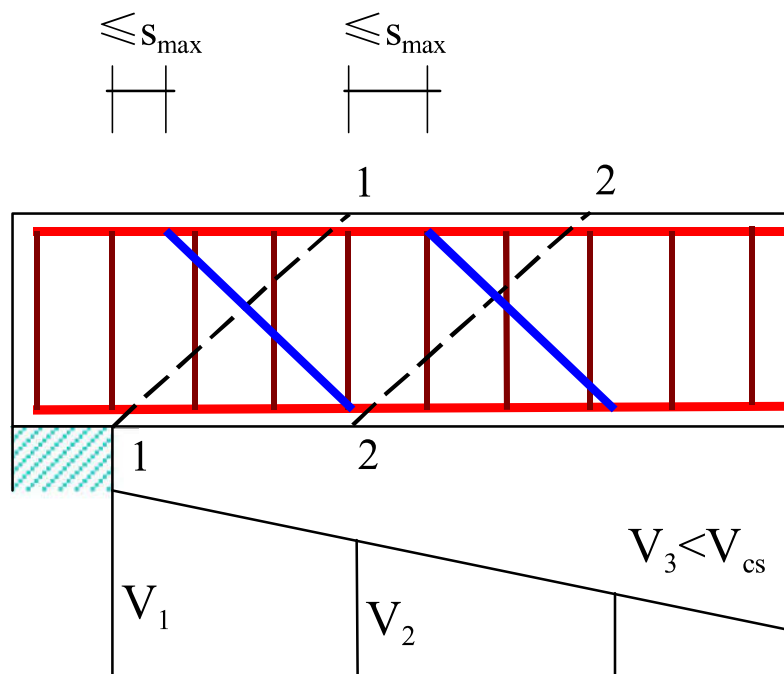


$$V_u = V_{cs} + 0.8f_yA_{sb} \sin \alpha$$

α 为弯起钢筋与构件轴线的夹角，一般取 $45^\circ \sim 60^\circ$ 。

$$A_{sb1} = \frac{V_1 - V_{cs}}{0.8 f_y \sin \alpha}$$

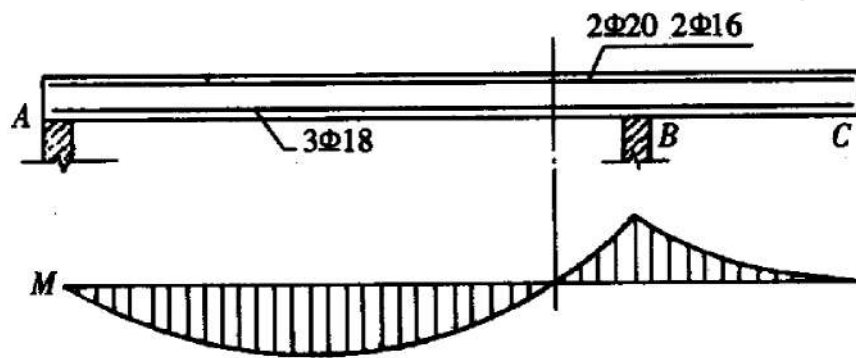
$$A_{sb2} = \frac{V_2 - V_{cs}}{0.8 f_y \sin \alpha}$$



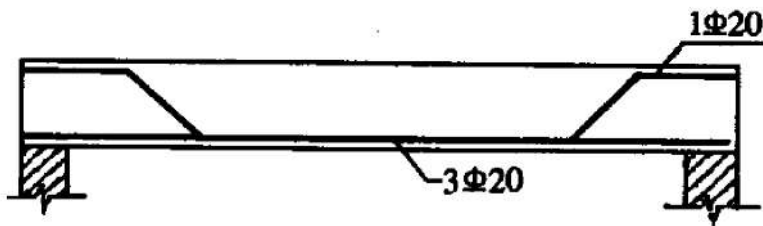
为防止弯筋间距太大，出现不与弯筋相交的斜裂缝，使弯筋不能发挥作用，《规范》规定当按计算要求配置弯筋时，**前一排弯起点至后一排弯终点的距离不应大于表中 $V > 0.7 f_t b h_0$ 栏的最大箍筋间距 s_{\max} 的规定。**

5.5 构造要求

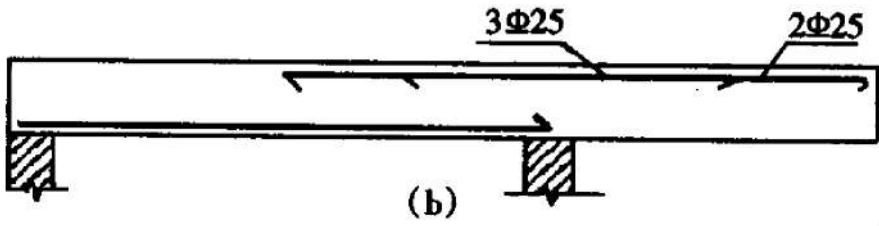
• 5.5.1 纵向钢筋的弯起、截断和锚固



悬臂梁弯矩及配筋图



(a)

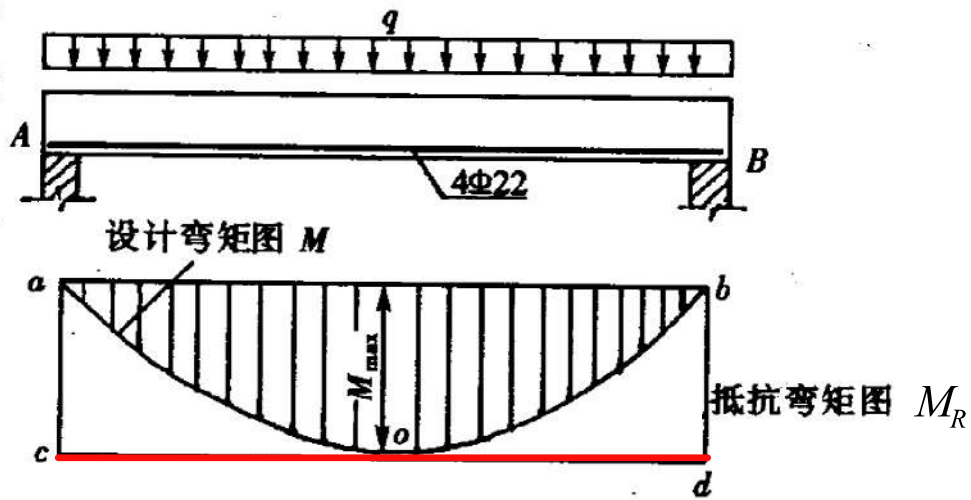


(b)

(a) 简支梁钢筋弯起

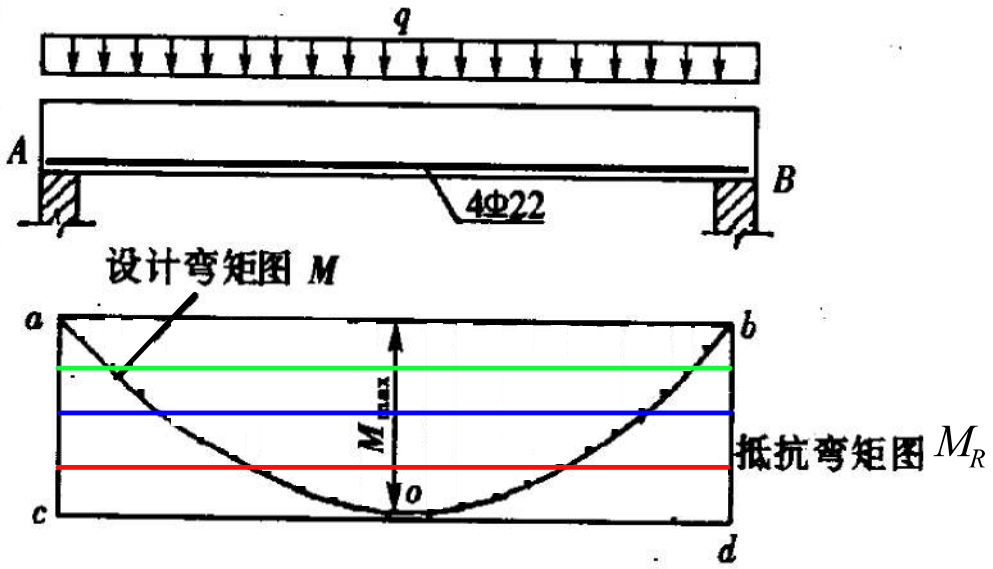
(b) 悬臂梁负钢筋截断

1. 抵抗弯矩图(图)

 M_R 

配置通长直筋的简支梁的抵抗弯矩图

$$M_R = A_s f_y \left(h_o - \frac{f_y A_s}{2\alpha_1 f_c b} \right)$$



每根钢筋所能承担的 M_{Ri} 为:

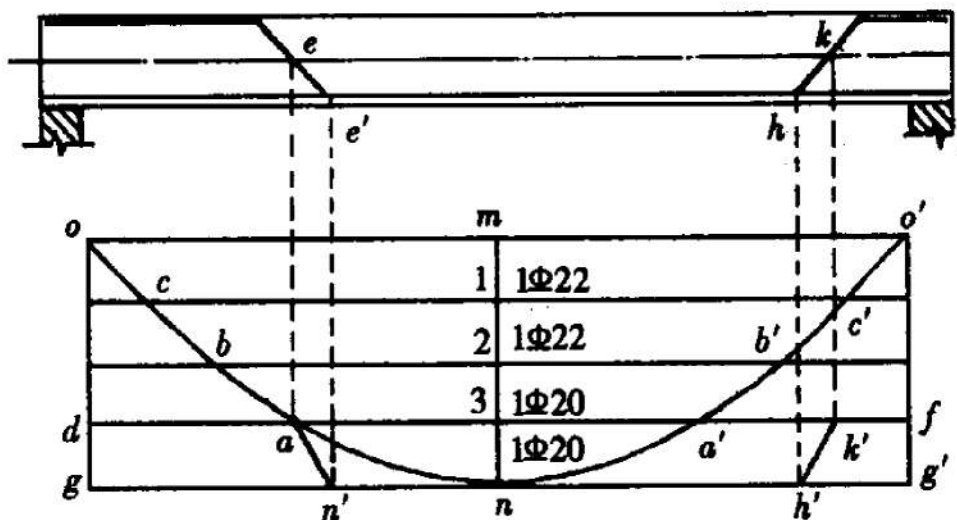
$$M_{Ri} = M_R \frac{A_{si}}{A_s}$$

2. 纵向钢筋的弯起

- (1) 纵向钢筋弯起在抵抗弯矩图上的表示方法

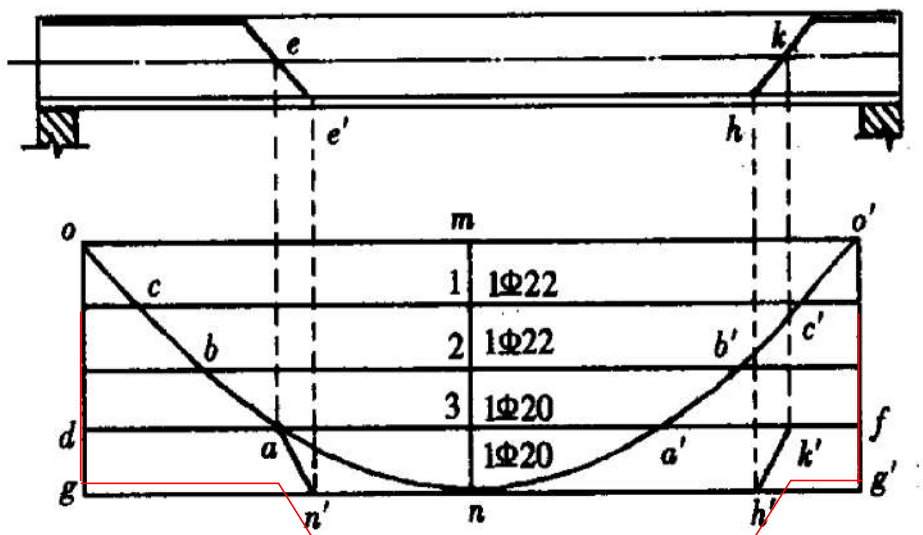
充分利用点

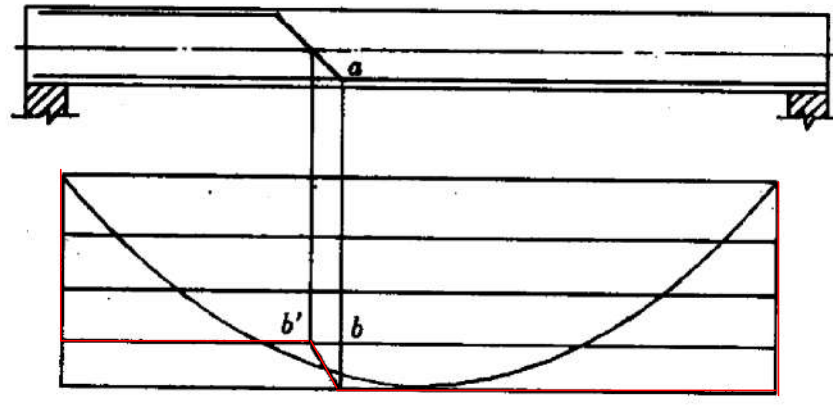
不需要点



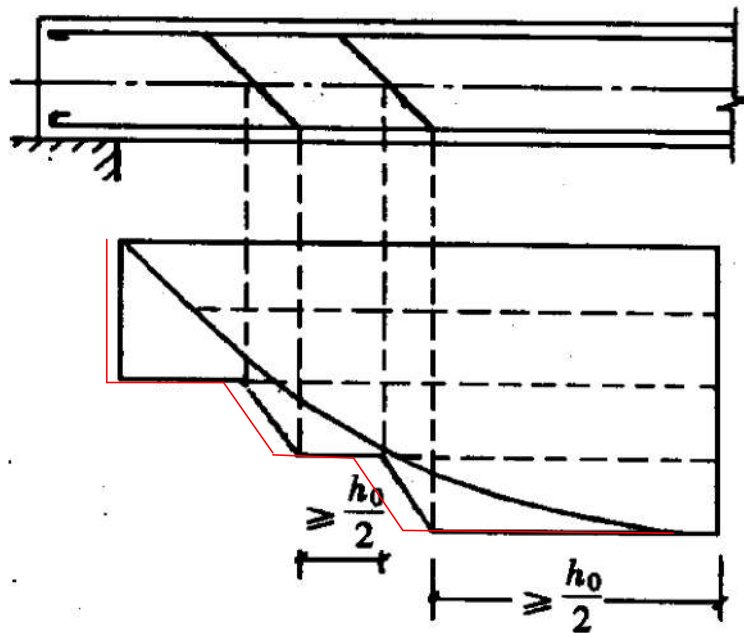
(2) 纵向钢筋弯起应满足的条件

①纵向钢筋弯起后正截面应有足够的抗弯能力——抵抗弯矩图包住设计弯矩图





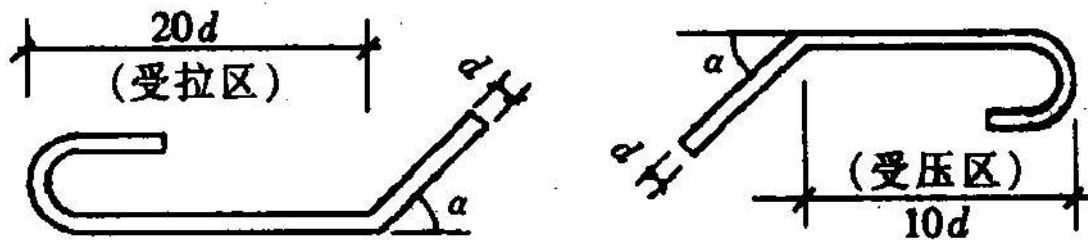
- ②纵向钢筋弯起后斜截面应有足够的抗弯能力——纵向钢筋的弯起点应设在该钢筋的“充分利用点”截面以外不小于 $h_0 / 2$ 处



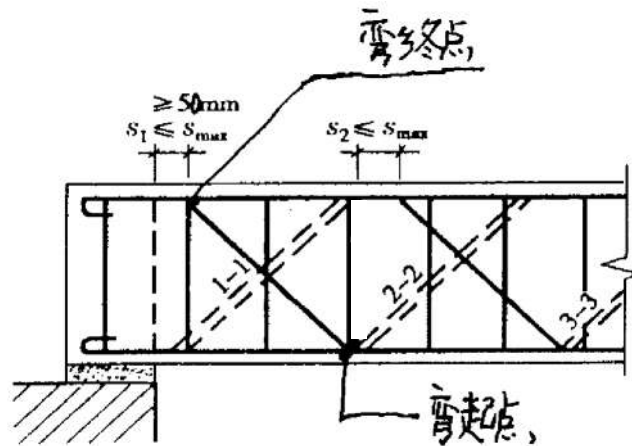
(3) 弯起钢筋的构造

- ①梁的剪力较小及梁内所配置纵向钢筋少于三根时，可不布置弯起钢筋。
- ②对于采用绑扎骨架的主梁、跨度大于或等于**6m**的次梁以及吊车梁，不论计算是否需要，均宜设置构造弯起钢筋。
- ③位于梁侧的底层钢筋不应弯起。
- ④当梁截面宽度大于**350mm**时，在一个截面上的弯起钢筋不得少于两根。
- ⑤弯起钢筋的弯起角度一般为**45°**，当梁截面高度**h**大于**800mm**时，可为**60°**，高度较小，并有集中荷载时，可为**30°**。

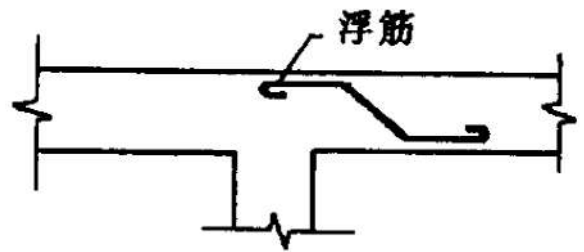
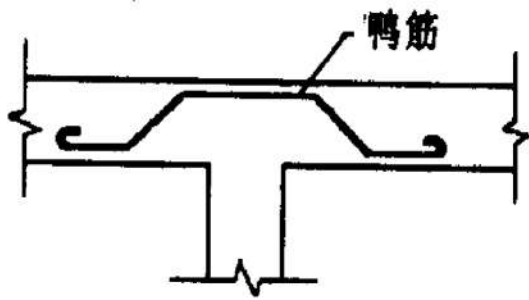
- ⑥ 弯起钢筋的末端应留有直线段，其长度在受拉区不应小于 $20d$ ，在受压区不应小于 $10d$ ，对于光面钢筋，在其末端还应设置弯钩。



- ⑦当弯起钢筋是按计算设置时，前一排(相对于支座)弯起筋的弯终点至后一排弯起筋弯起点的水平距离不应大于表4-3规定的箍筋最大间距 s_{\max}
- ⑧靠近支座的第一排弯起钢筋的弯终点至支座边的距离不应大于表4-3规定的箍筋最大间距 s_{\max} ，但也不宜小于**50mm**

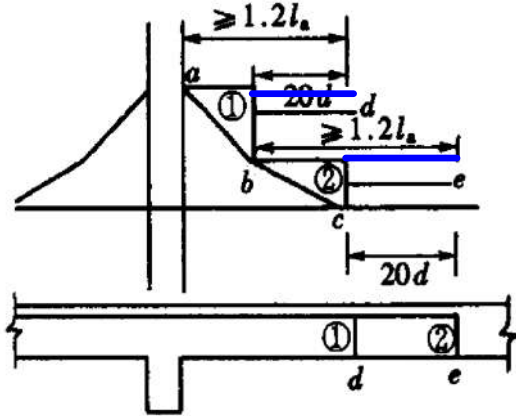


- ⑨当纵向钢筋不能在所需要的地方弯起，或虽有箍筋及弯起筋但仍不足以抵抗设计剪力时，可增设附加抗剪钢筋，一般称为“鸭筋”，但不准采用“浮筋”

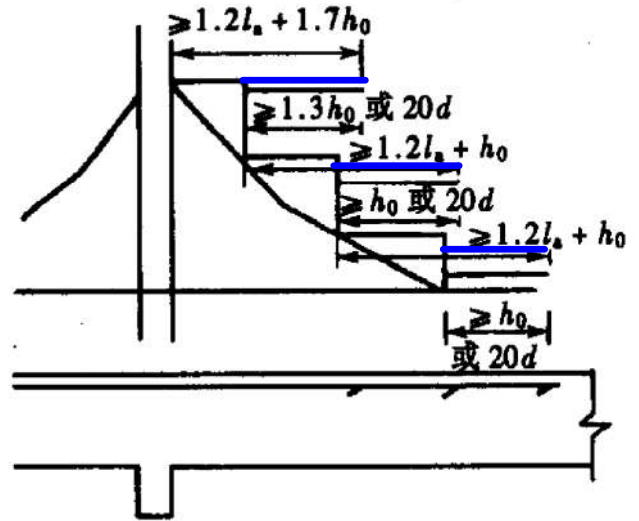


3. 纵向钢筋的截断和锚固

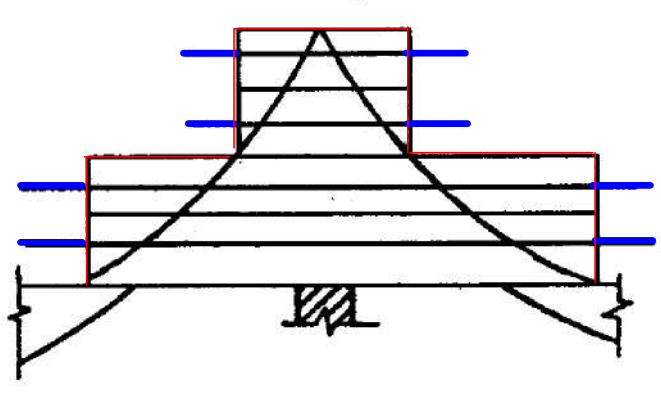
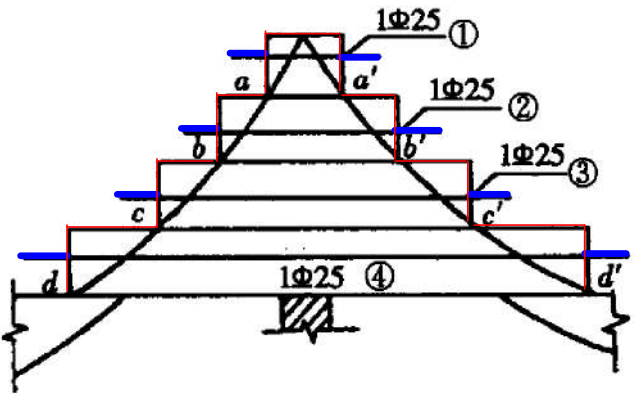
• (1) 纵向钢筋的截断



$V \leq 0.7f_t b h_0$ 时的钢筋截断



$V > 0.7f_t b h_0$ 时的钢筋截断



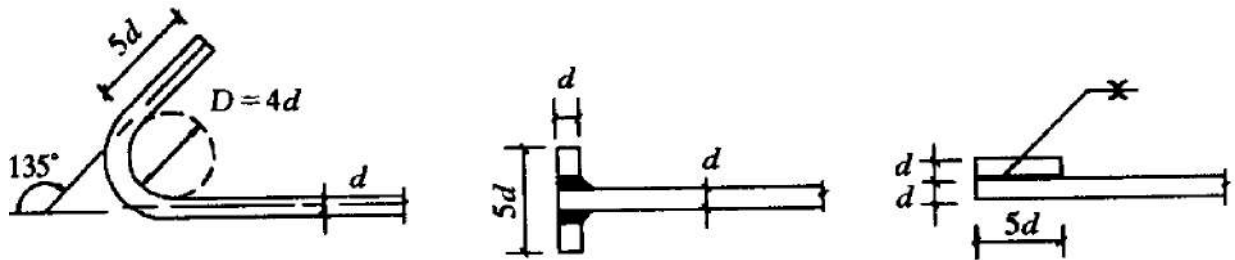
(2)纵筋的锚固

- ①计算中充分利用钢筋的抗拉强度时，受拉钢筋的锚固长度应按下式计算：

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

α ——钢筋的外形系数，按表4-1取用

- ②当HRB335级、HRB400级和RRB400级纵向受拉钢筋末端采用机械锚固措施时，包括附加锚固端头在内的锚固长度可取锚固长度 l_a 的0.7倍。

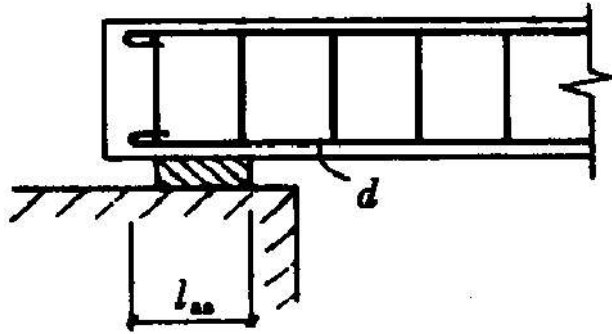


- ③当计算中充分利用纵向钢筋的抗压强度时，其锚固长度不应小于受拉锚固长度的**0.7**倍 l_a ④对承受重复荷载的预制构件，应将纵向非预应力受拉钢筋末端焊接在钢板或角钢上，钢板或角钢应可靠地锚固在混凝土中。

- ⑤钢筋混凝土简支梁的下部纵向受力钢筋，其伸入支座范围内的锚固长度应符合下列规定：

当 $V \leq 0.7 f_t b h_0$ 时：

$$l_{as} \geq 5d$$



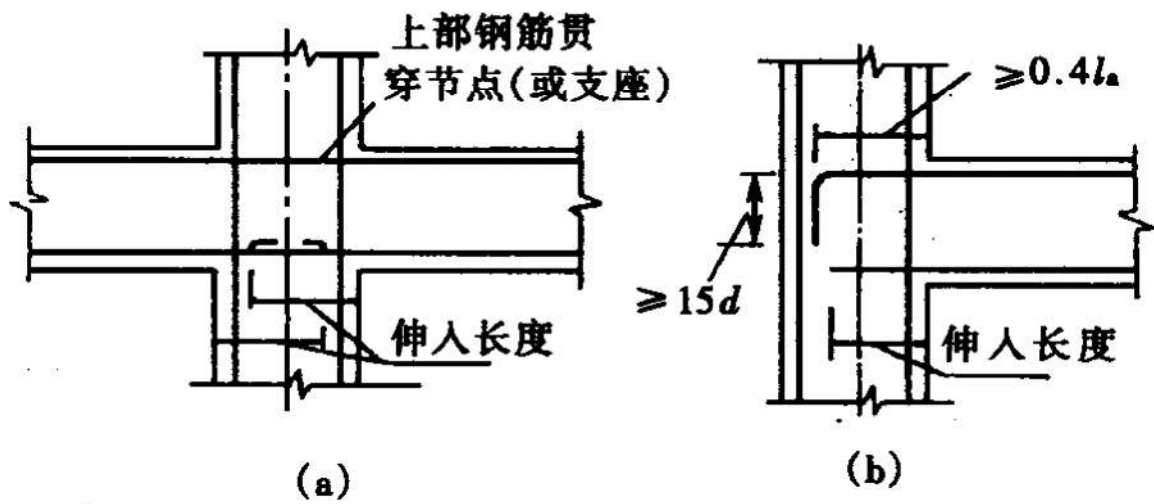
当 $V > 0.7 f_t b h_0$ 时：

带肋钢筋 $l_{as} \geq 12d$

光面钢筋 $l_{as} \geq 15d$

- ⑥连续梁或框架梁的上部钢筋应贯通其中间支座或中间节点范围。下部纵向钢筋伸入中间支座或中间节点范围内的锚固长度应符合以下要求：
 - a. 当计算中不利用其强度时，其伸入的锚固长度应符合前述简支梁 $l_a > 0.7 f_t b h_0$ 的要求；
 - b. 当计算中充分利用钢筋的抗拉强度时，其伸入锚固长度应不小于 f_t 的数值；
 - c. 当计算中充分利用钢筋的抗压强度时，其伸入的锚固长度不应小于**0.7**

$$l_a$$



- ⑦钢筋骨架中的光面受力钢筋，应在钢筋末端做弯钩。

5.5.2 箍筋的构造要求

• 1. 箍筋的设置

高度大于**300mm**：全长设置箍筋

高度为**150—300mm**：端部各**1 / 4**跨度范围内设置箍筋，但当梁的中部**1 / 2**跨度范围内有集中荷载作用时，则应沿梁的全长配置箍筋

高度小于**150mm**：可不设箍筋。

• 2. 箍筋的直径

箍筋直径应不小于表**4-2**的规定

当梁中配有计算需要的纵向受压钢筋时，箍筋直径尚不应小于 $d/4$ （为纵向受压钢筋的最大直径）。

• 3. 箍筋的间距

- ① 符合表4-3的要求。
- ② 配有纵向受压钢筋时：

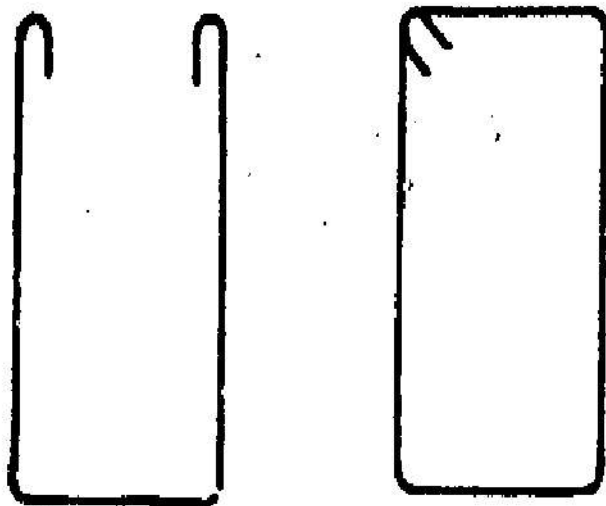
间距不应大于**15d**(**d**为纵向受压钢筋的最小直径)，同时不应大于**400mm**；

当一层内的纵向受压钢筋多于**5**根且直径大于**18mm**时，箍筋间距不应大于**10d**；

当梁的宽度大于**400mm**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**400mm**但一层内的纵向受压钢筋多于**4**根时，应设置复合箍筋。

• 4. 箍筋的形式

一般均应采用封闭式，特别是当梁中配置有受压钢筋时。



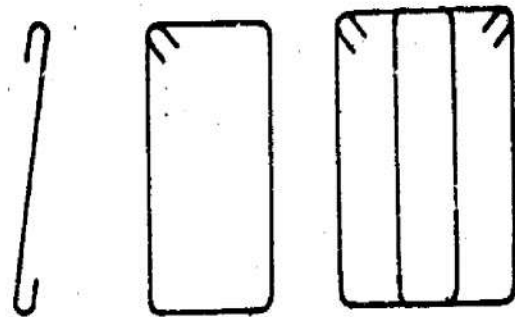
(a) 开口式 (b) 封闭式

• 5. 箍筋的肢数

梁宽不大于**150mm**时，
采用单肢箍

梁宽在**150mm~350mm**
时采用双肢箍

梁宽大于等于**300mm**时
或受拉钢筋一排超过**5**根
或受压钢筋一排超过**3**根
时采用四肢箍



(a)单肢 (b)双肢 (c)四肢