

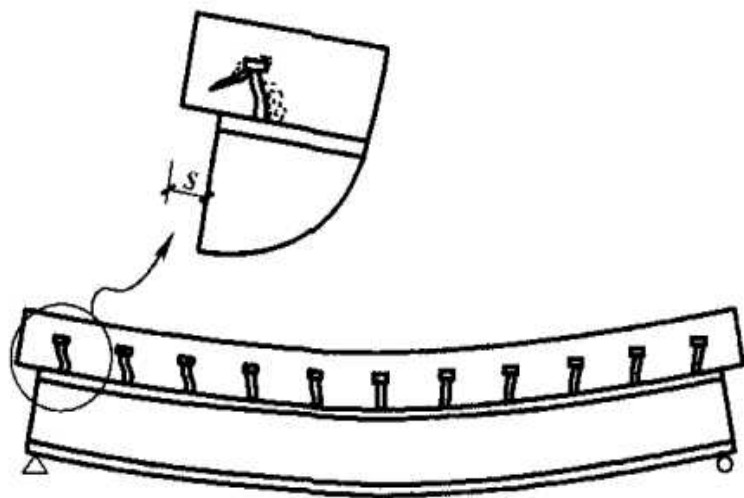
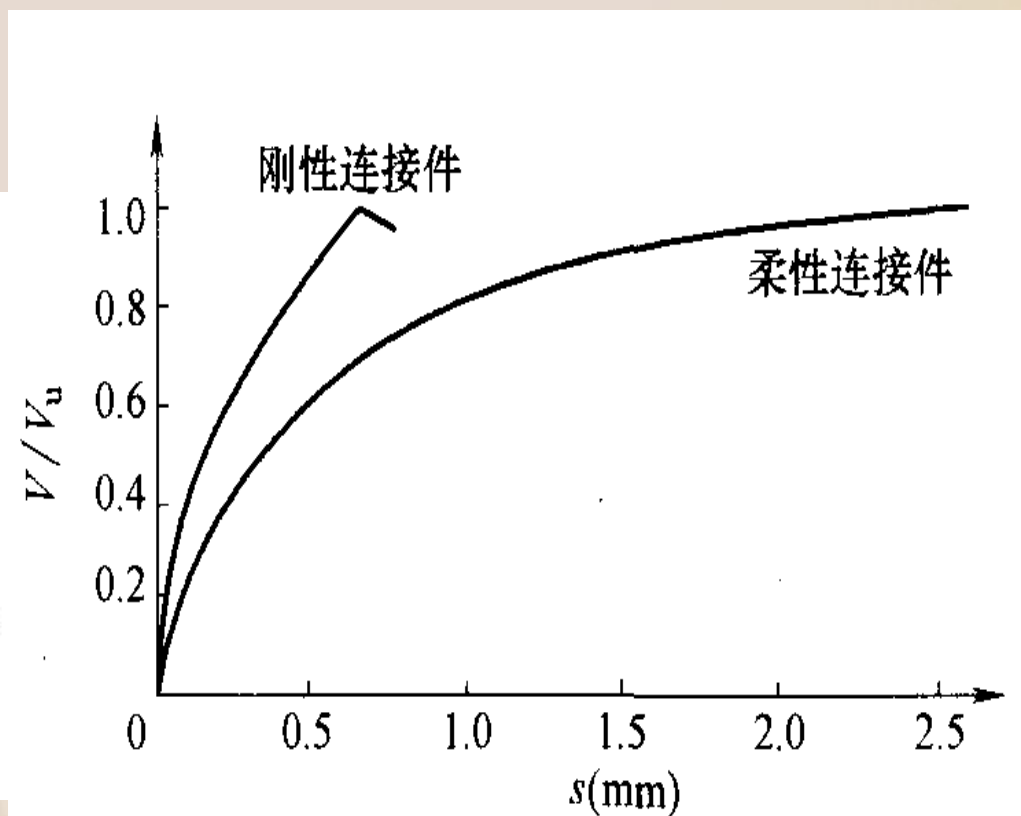
组合结构第四章钢-混凝土组 合梁



4.8 抗剪连接件设计

4.8.1 抗剪连接件的受力性能

- ◆ 刚性连接件
- ◆ 柔性连接件
- ◆ 完全抗剪连接
- ◆ 部分抗剪连接



连接件的变形

组合结构第四章钢-混凝土组合

典型剪力-滑移曲线



栓钉破坏后的变形状况

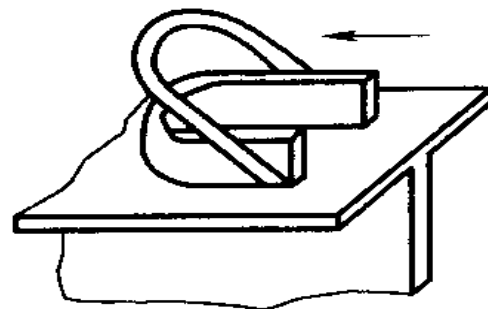
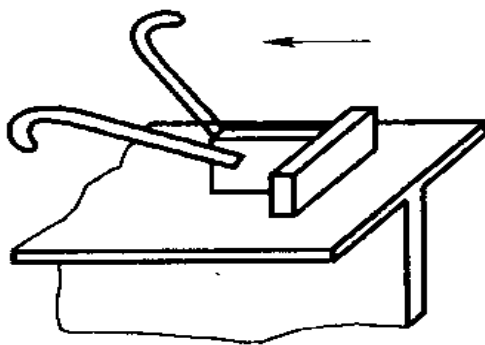
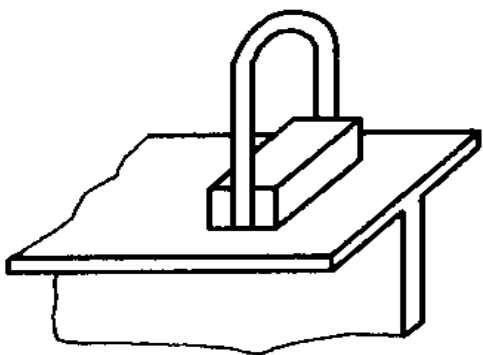




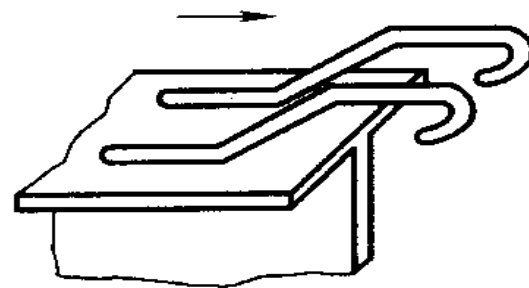
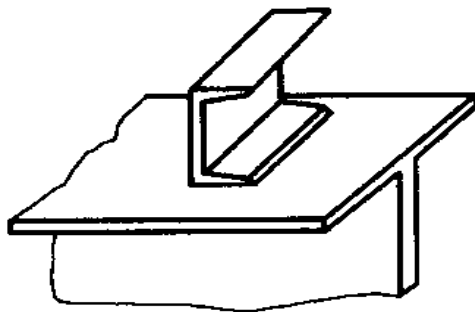
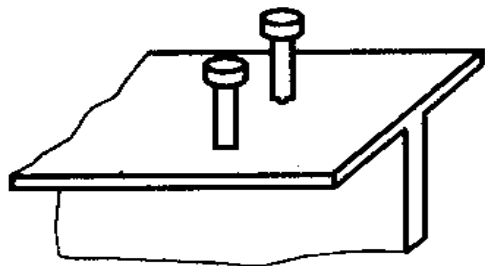
界面处受栓钉挤压混凝土的断痕



4.8.2 抗剪连接件的主要类型和特点



刚性连接件



柔性连接件

抗剪连接件形式

组合结构第四章钢-混凝土组合梁

4.8.3 栓钉的材性要求及试验方法



栓钉与焊接瓷环

栓钉焊接部位的材质要求

栓钉直径 (mm)		16	19	22
拉力荷载 (kN)	最大	111.0	156.0	209.0
	最小	80.4	113.0	152.0



栓钉焊接施工
组合结构第四章钢-混凝土组合梁





栓钉规格

栓钉公称直径d	10	13	16	19	22	25
栓钉头部直径dk max	18.35	22.42	29.42	32.5	35.5	40.5
栓钉焊后焊接部直径d 1	13	17	21	23	29	31
栓钉焊后焊接部高度h	2.5	3	4.5	6	6	7
栓钉的熔化长度WA	4	5	5	6	6	6
栓钉焊后焊钉长度设计值l1	40~180	40~200	50~250	60~300	80~300	80~300

组合结构第四章钢-混凝土组合梁

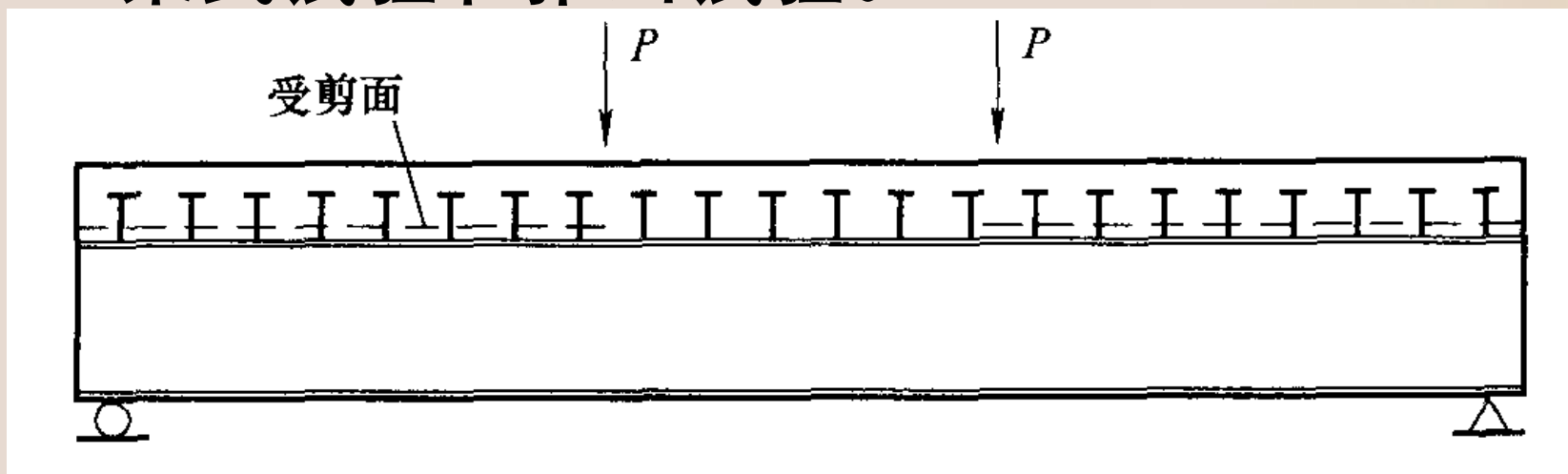
4.8.3 栓钉的材性要求及试验方法

◆ 试验目的

确定单颗栓钉的抗剪承载力。

◆ 试验方式

梁式试验和推出试验。



方式一：梁式试验

梁式试验参考论文 蔡楠等

组合梁连接件（栓钉）剪切滑移的试验研究

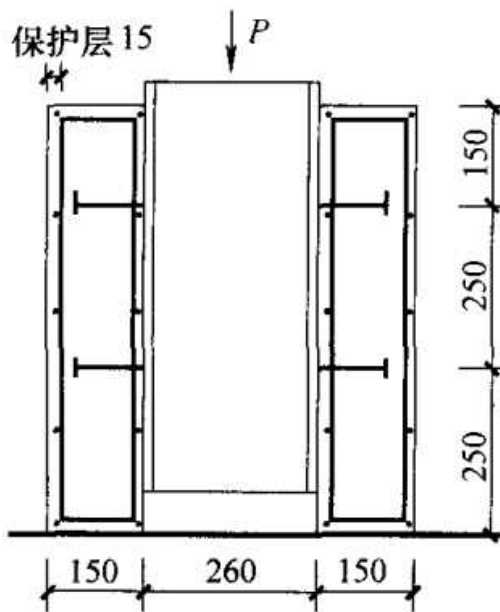
组合结构第四章 钢-混凝土组合梁

4.8.3 栓钉的材性要求及试验方法

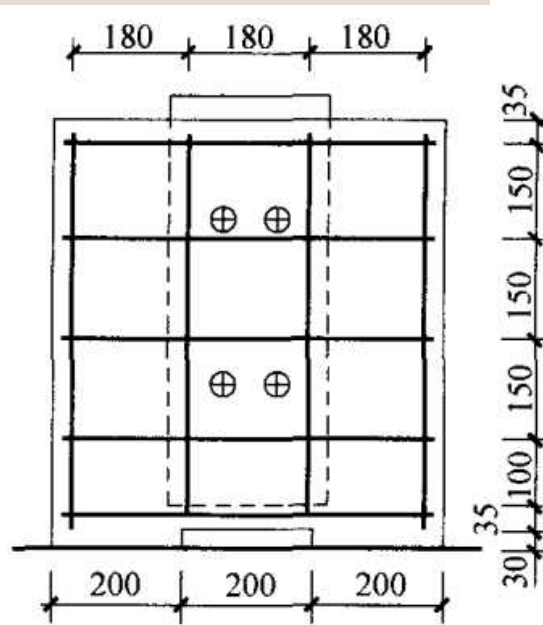
钢筋： $\Phi 10$

钢梁：HE260B

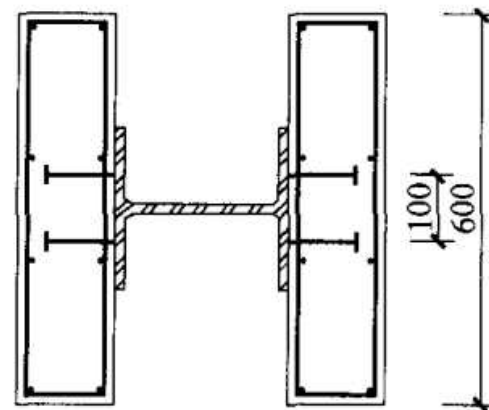
或254×254×89kg U.C.



正视



侧视



俯视

方式二：欧洲规范4的标准推出试件

主要有连接件弯剪破坏和连接件附近混凝土受压劈裂破坏两种形式。

4.8.3 栓钉的材性要求及试验方法

◆ 试验结论

推出试验比梁式试验所得栓钉抗剪承载力低，但偏低不多，用推出试验承载力设计偏于安全。

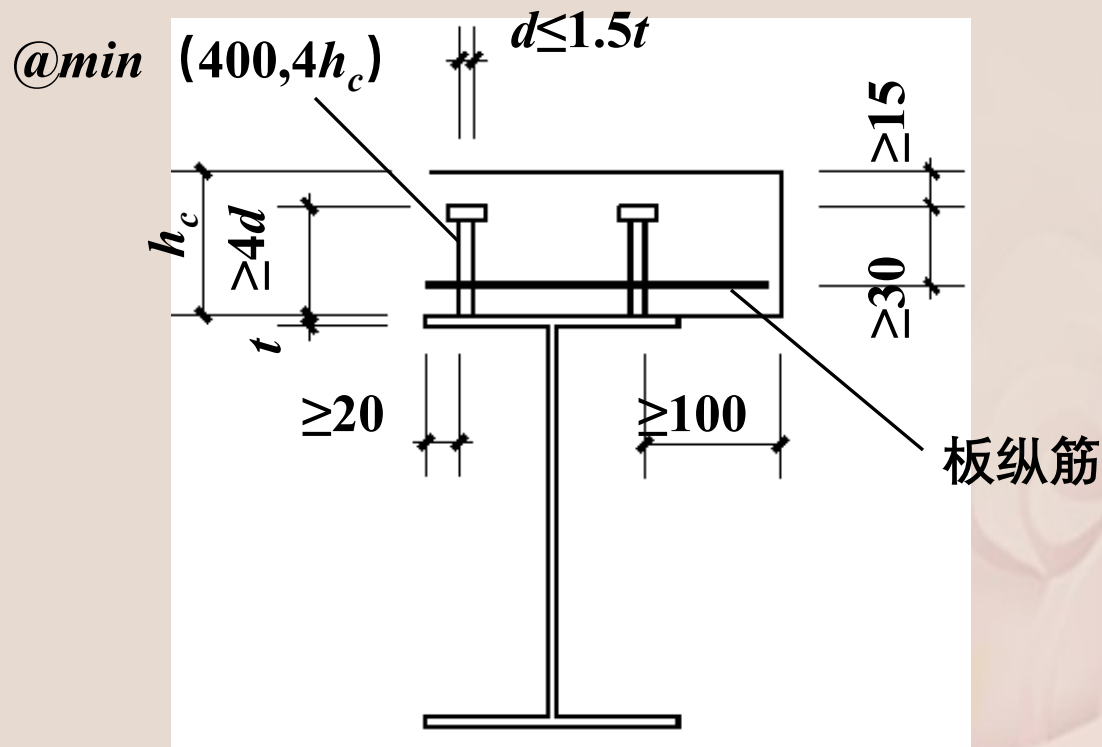
讨论：

为何推出试验比梁式试验所得栓钉抗剪承载力低？

推出试验中栓钉的受力状态与正弯矩作用下组合梁中的受力状态较为一致，但在负弯矩作用下，组合梁中混凝土翼板受拉，抗剪连接件的刚度和极限承载力比推出试验得到的结果低。因此，需要对负弯矩区栓钉的抗剪承载力进行折减（据《钢规》，中间支座乘0.9、悬臂乘0.8折减系数）。

4.8.4 抗剪连接件的构造要求

- ◆ 连接件一般要求 P77,P78
- ◆ 栓钉连接件的要求
- ◆ 槽钢连接件和弯筋连接件的构造要求



栓钉构造一般要求

4.8.5 抗剪连接件的承载力计算

1. 栓钉连接件

◆ 实心混凝土翼板

依据推出试验，主要考虑两种破坏形式。
1971年Fisher给出的单颗栓钉抗剪承载力计算公式：

栓钉截面

栓钉极限抗拉强度

$$P_{su} = 0.5 A_s \sqrt{f_c E_{cm}} \leq f_{su} A_s$$

混凝土抗压强度

混凝土弹性模量平均值

4.8.5 抗剪连接件的承载力计算

1. 栓钉连接件

◆ 实心混凝土翼板

我国《钢规》基于统计回归分析，得出当栓钉长径比 ≥ 4 时的单颗栓钉抗剪承载力计算公式：

$$N_v^c = 0.43 A_s \sqrt{f_c E_c} \leq 0.7 \gamma f A_s$$

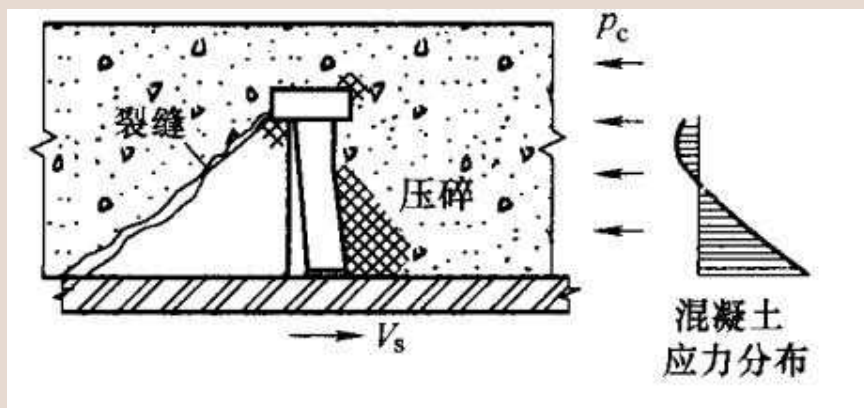
强屈比，4.6级栓钉1.67

4.8.5 抗剪连接件的承载力计算

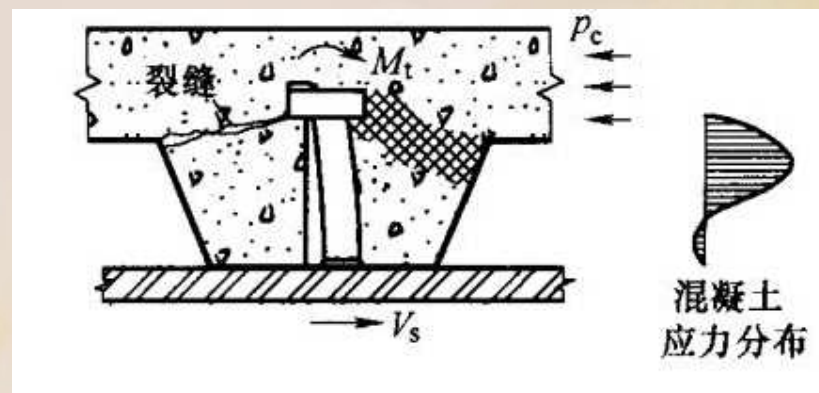
1. 栓钉连接件

◆ 压型钢板混凝土组合板

破坏模式有别，连接件抗剪承载力更低，依其板肋与钢梁的关系，应乘以不同的折减系数 β_v 。



实心混凝土板



压型钢板混凝土组合板

组合结构第4章 钢筋混凝土组合梁
栓钉破坏模式

4.8.5 抗剪连接件的承载力计算

2. 槽钢连接件

在不具备栓钉焊接设备条件下采用。

$$N_v^c = 0.26(t + 0.5t_w) l_c \sqrt{f_c E_c}$$

槽钢翼缘平均厚 槽钢腹板厚 槽钢长度

3. 弯筋连接件

通过与混凝土的锚固来抵抗纵向剪力，其弯起角取 $35^\circ \sim 55^\circ$ ，当满足锚固长度时。

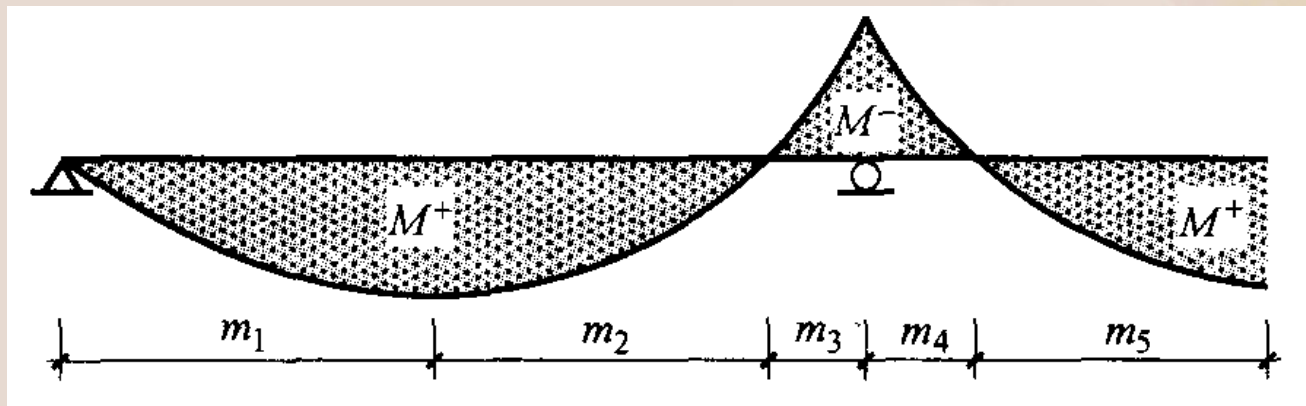
$$N^c = f_{st} A_{st}$$

组合结构第四章 钢-混凝土组合梁

4.8.6 抗剪连接件布置方式

有等距布置和不等距布置两种选择。

不等距布置 按弹性方法设计，要求任意截面的连接件受力低于其承载力设计值，按理应在纵向剪力较大的支座或集中力作用处布置较多的连接件，而其余位置则可减少连接件的数量，当活荷载水平较高且位置变化较明显时，连接件需要根据剪力包络图进行布置，这不仅设计较为复杂，给栓钉施工也带来很大困难。



连续组合梁剪跨段划分

4.8.6 抗剪连接件布置方式

等距布置 实际工程多采用柔性连接件的组合梁，在承载力极限状态时，混凝土板与钢梁间将发生较充分的剪力重分布，使得各个连接件的受力趋于均匀，因此也可以采用塑性方法布置连接件，即等间距布置抗剪连接件，这给设计施工均带来很大方便。



4.8.6 抗剪连接件布置方式

1. 按弹性理论计算

◆ 换算截面法

◆ 短期效应与长期效应

钢梁与混凝土翼板交界面单位长度剪力设计值：

短期换算截面交界面以上面积矩

长期换算截面交界面以上面积矩

$$V_h = \frac{(1 - \psi_q) V_q S_1^c}{I_1} + \frac{(V_g + \psi_q V_q) S_2^c}{I_2}$$

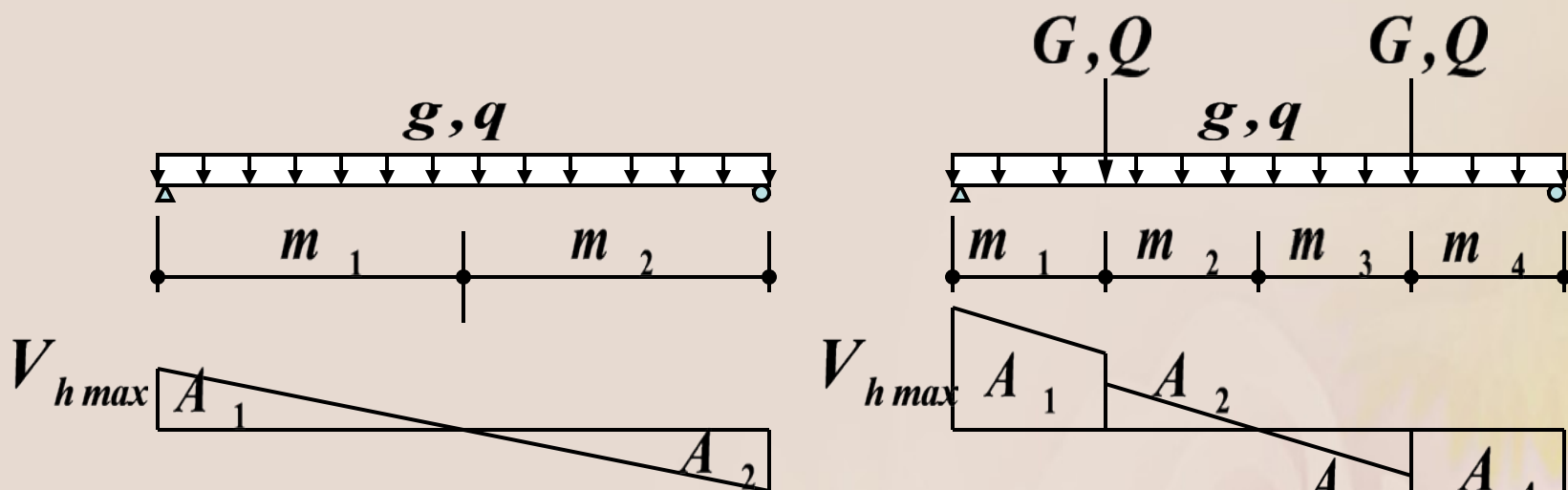
短期换算惯性矩

长期换算惯性矩

4.8.6 抗剪连接件布置方式

1. 按弹性理论计算

按所划分的剪跨段计算确定抗剪连接件数量



m_1 剪跨
总剪力

$$A_1 = \frac{1}{2} V_{h \max} m_1$$

m_1 剪跨连
接件数量

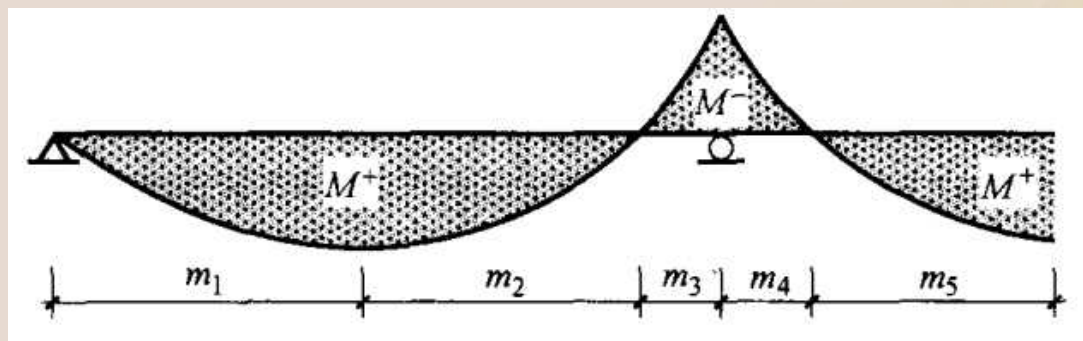
$$n_1 = \frac{A_1}{N_v^c}$$

$$n_1 = \frac{A_1}{N_v^c}, n_2 = \frac{A_2}{N_v^c}, \dots$$

4.8.6 抗剪连接件布置方式

1. 按塑性理论计算

采用栓钉等柔性抗剪连接件，在极限状态下各剪跨段内的抗剪连接件的受力几乎相等。



连续组合梁剪跨段划分

正弯矩区段剪跨纵向剪力设计值

$$V_s = \min(fA, f_c b_e h_{c1})$$

负弯矩区段剪跨纵向剪力设计值

$$V_s = f_{st} A_{st}$$

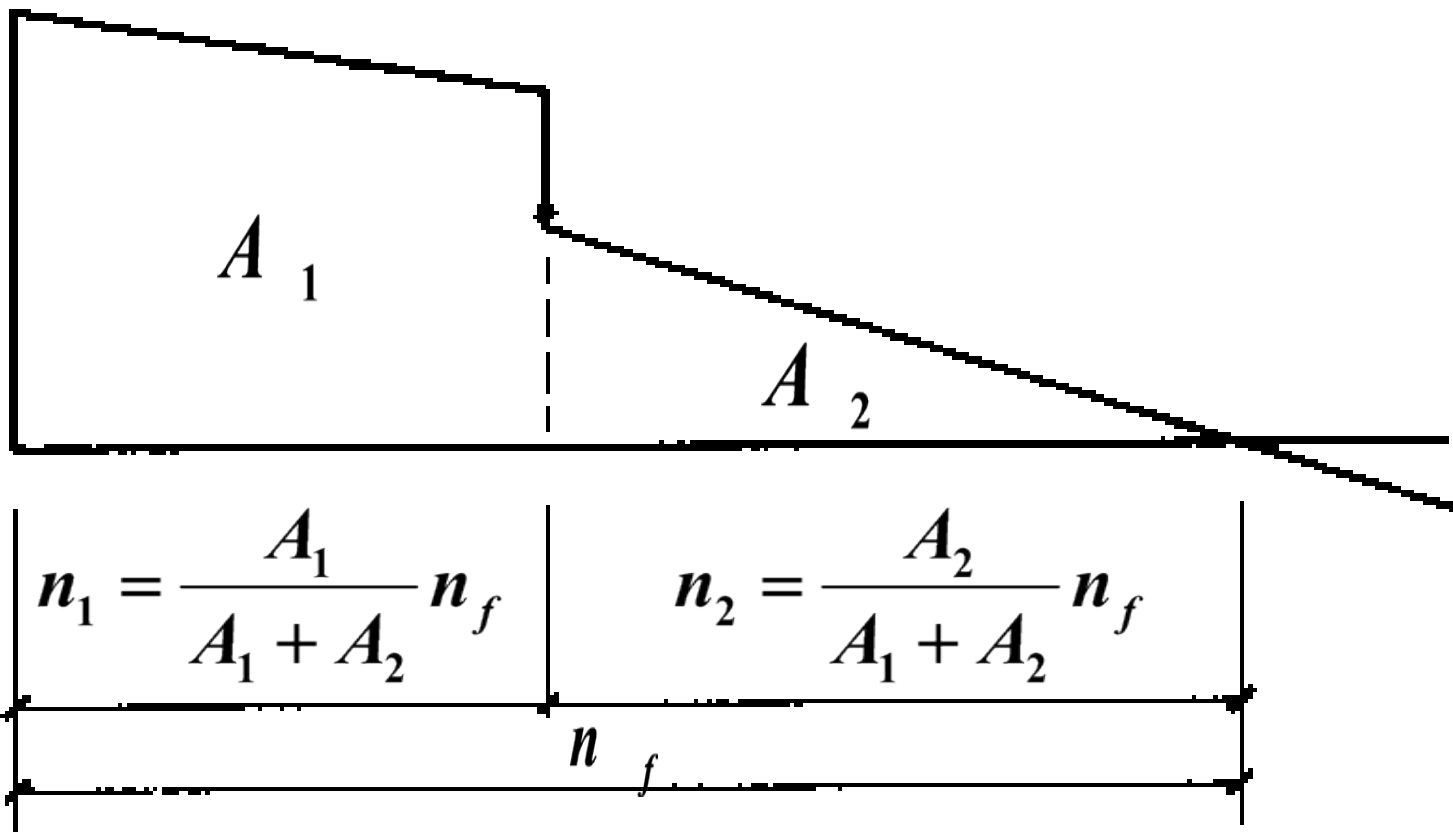
各剪跨段内抗剪连接件数量

$$n_f = V_s / N_v^c$$

4.8.6 抗剪连接件布置方式

1.按塑性理论计算

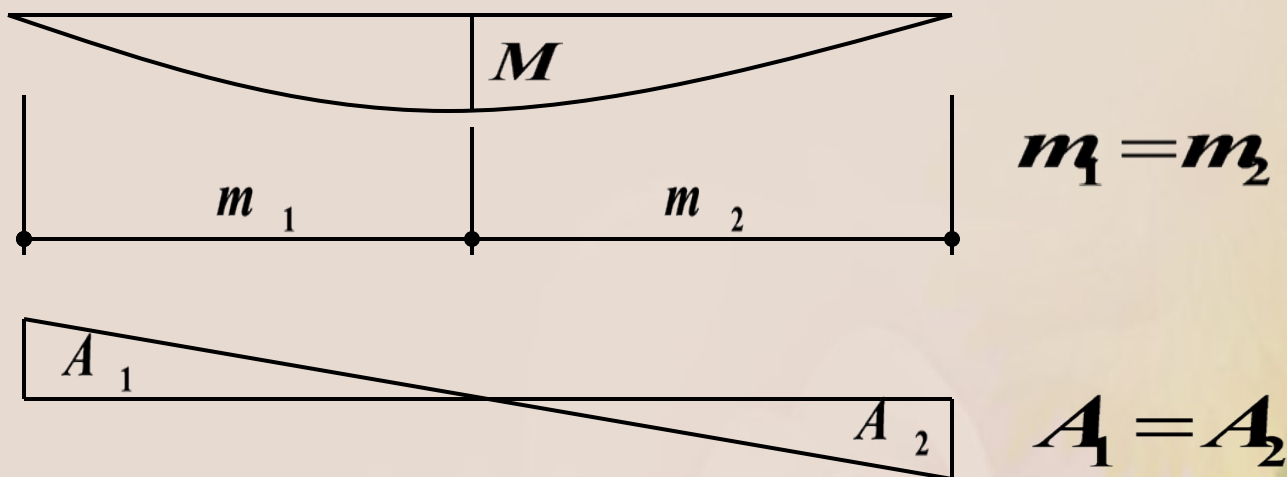
V图



有较大集中力作用时抗剪连接件布置

【例题4-4】 试按弹性和塑性方法分别设计例题4-1中组合梁的抗剪连接件数量，抗剪连接件采用Q235钢 $\phi 16 \times 70$ 栓钉。

解：



①弹性方法

$$n = A_1 / N_v^c, \quad N_v^c = 0.43 A_s \sqrt{f_c E_c} \leq 0.7 A_s f = \underline{0.7 \times 1.67 A_s f}$$

4.6级栓钉

②塑性方法

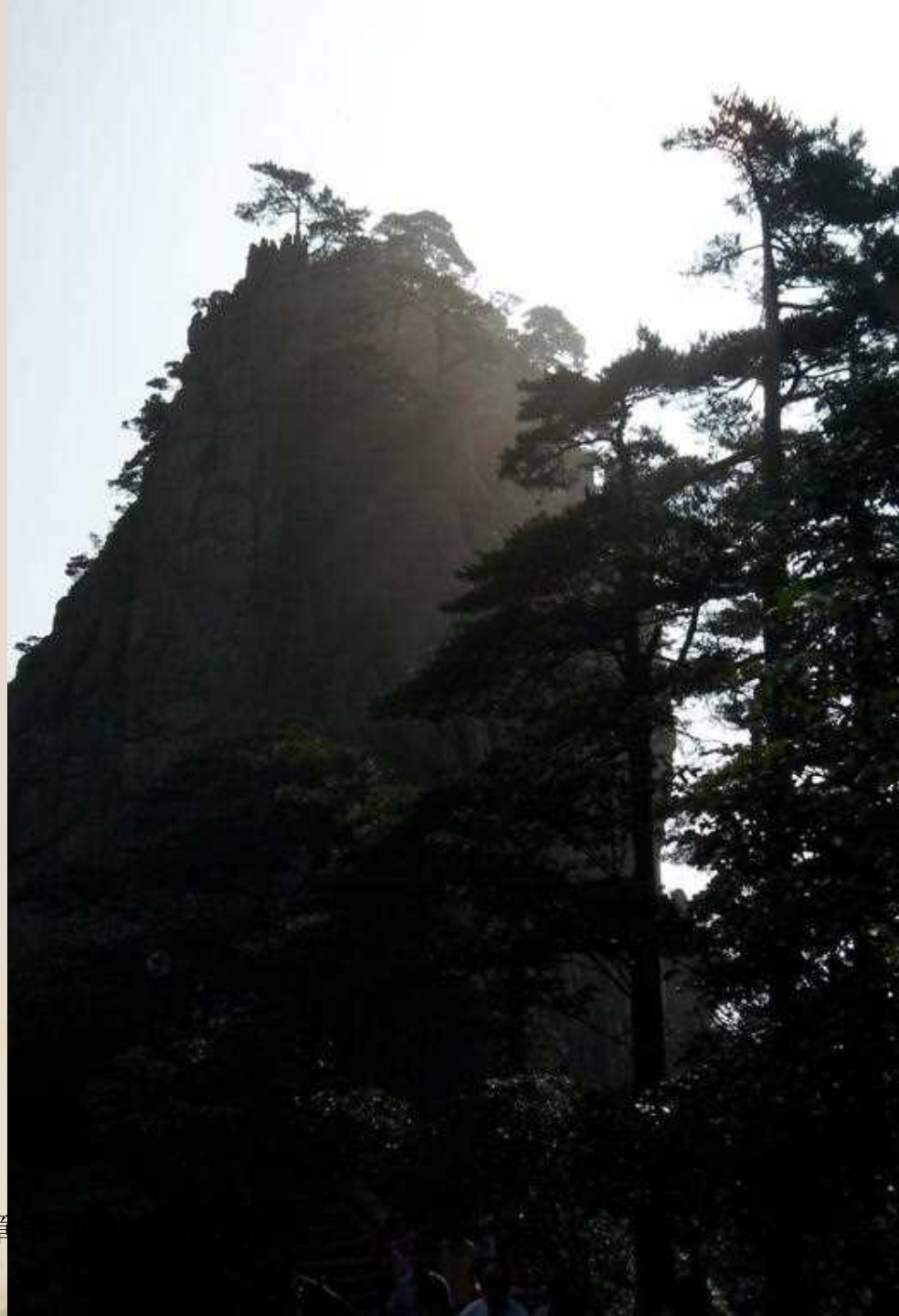
$$n_f = V_s / N_v^c, \quad V_s = \min(f A, f_c b_e h_{c1})$$

组合结构第四章 钢-混凝土组合梁

作业 P98

习题1

③分别按弹性方法和塑性方法计算确定栓钉数量。



4.8.7 部分抗剪连接组合梁承载力计算

压型钢板组合梁可能由于尺寸受限无法按完全抗剪连接设计。此外，在满足承载力和变形条件下，组合梁的承载力并未充分发挥时，也可按部分抗剪连接组合梁设计。

抗剪连接程度系数

部分连接件数量

$$r = \frac{n_r}{n_f} \rightarrow \begin{cases} = 0 & \text{组合梁极限弯矩 } M_{uf} \approx M_s \\ 0 < r < 1 & \text{部分抗剪连接} \\ = 1 & \text{完全抗剪连接} \end{cases}$$

完全连接件数量

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/017156131030006043>