



混凝土结构设计原理

第三章 轴心受力构件的受力性能

成都理工大学环境与土木工程学院

建筑工程教研室范涛

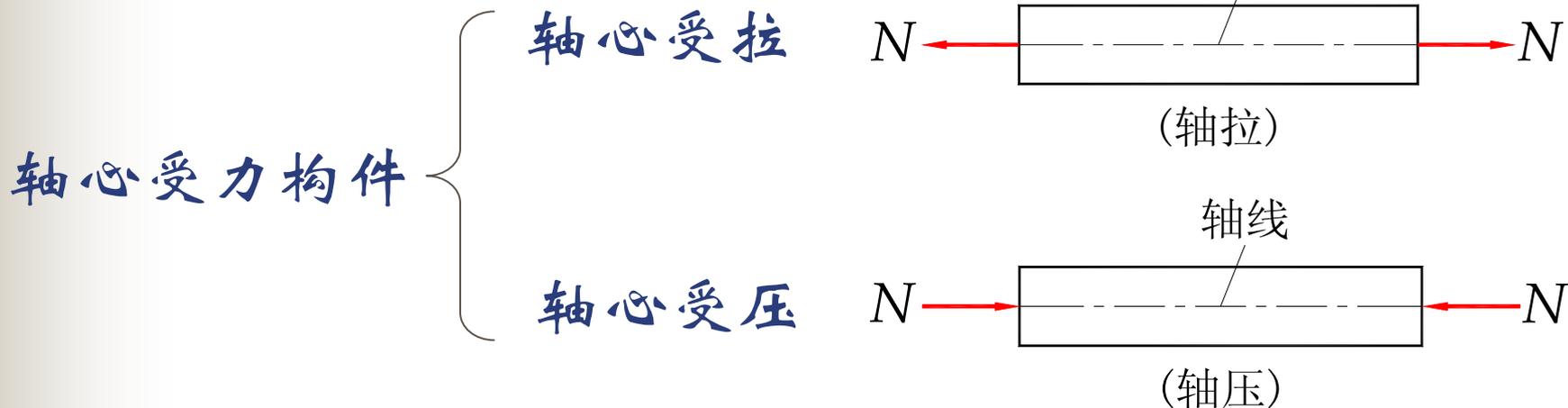
第三章 钢筋混凝土轴心受力构件 正截面承载力计算

- § 3.1 概述
- § 3.2 钢筋混凝土轴心受拉构件正截面承载力计算
- § 3.3 钢筋混凝土轴心受压构件正截面承载力计算

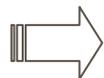


■ § 3.1 概述

3.1.1 定义及分类



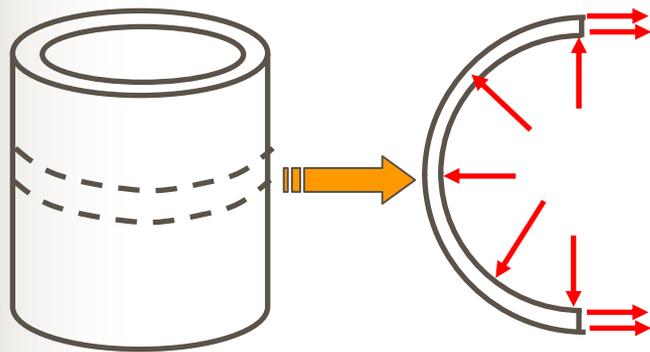
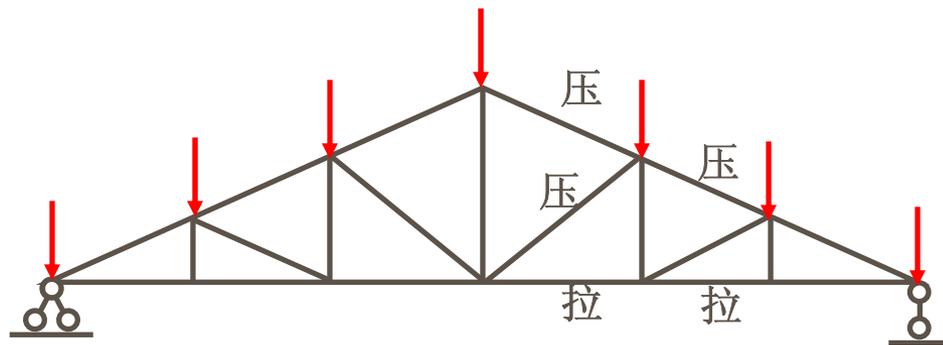
实际工程中是否存在理想的轴心受力构件呢?



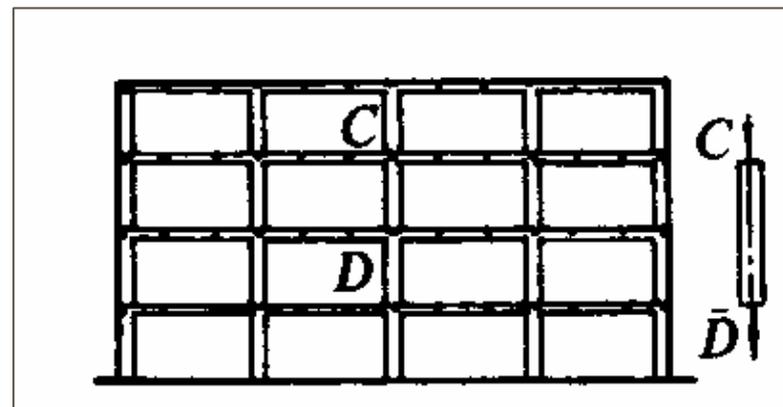
几乎并不存在。

■ § 3.1 概述

3.1.2 近似按轴心受力构件设计的工程实例

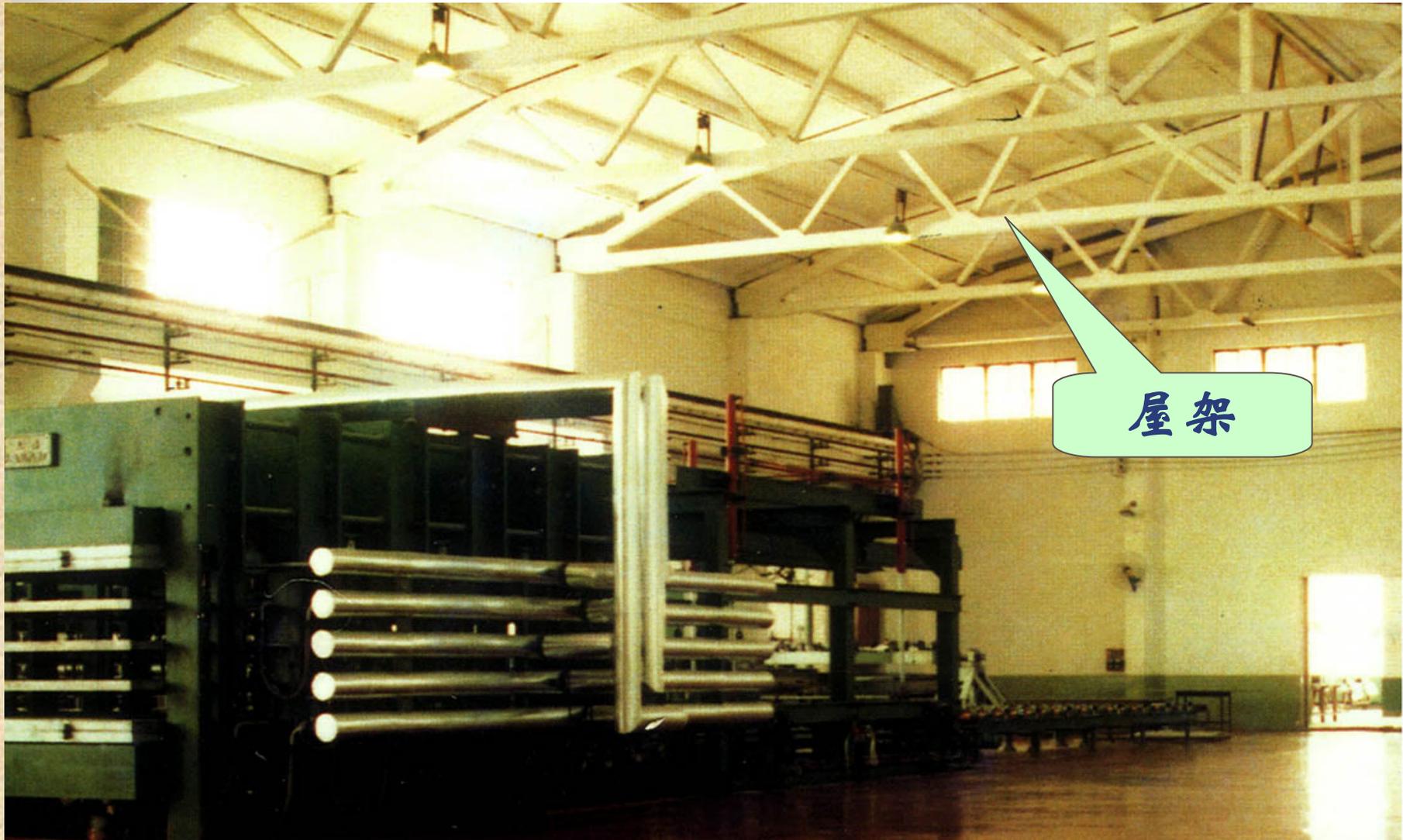


轴心受拉



轴心受压

3.1.2 近似按轴心受力构件设计的工程实例



3.1.2 近似按轴心受力构件设计的工程实例



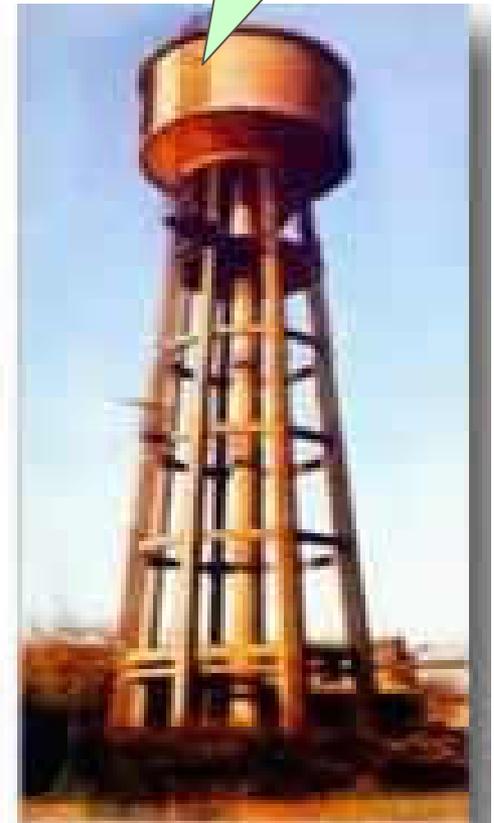
多层钢筋混凝土框架
结构房屋的内柱

3.1.2 近似按轴心受力构件设计的工程实例



圆形蓄水池池壁

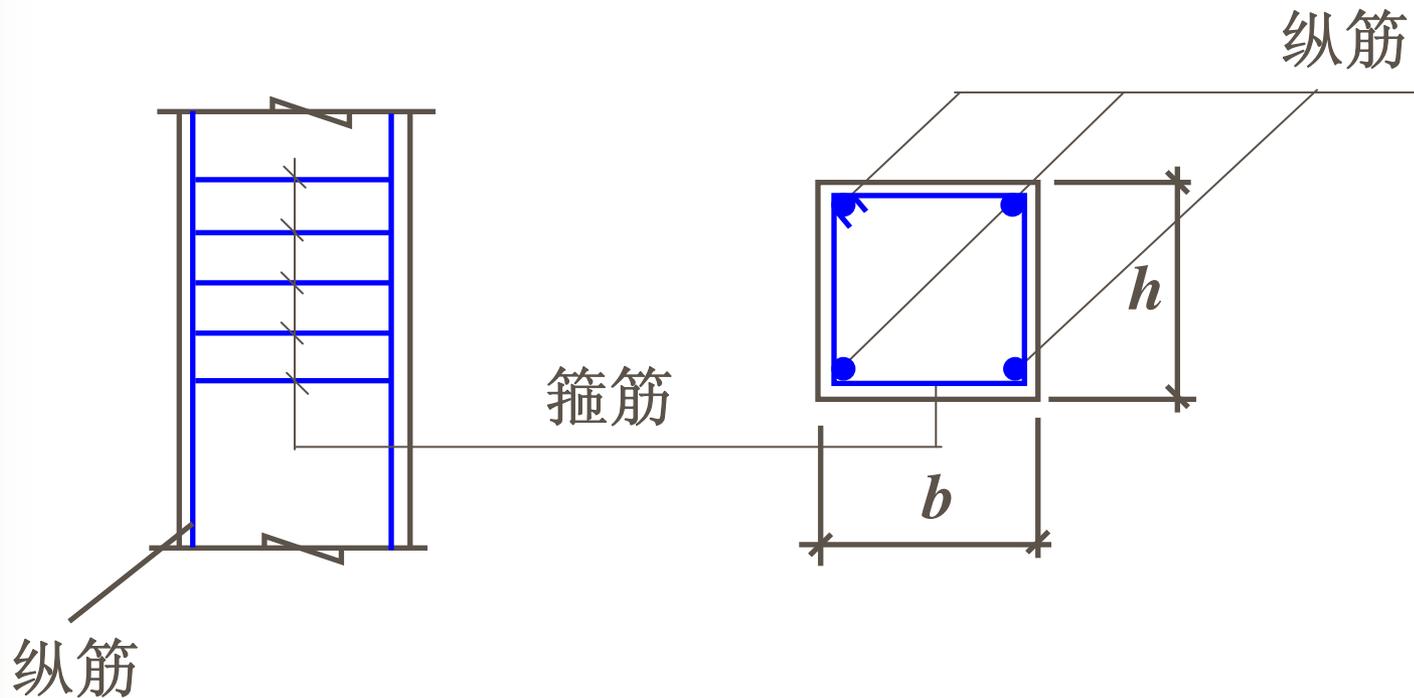
水塔的水箱壁



如何设计?

■ § 3.2 钢筋混凝土轴心受拉构件

配筋形式



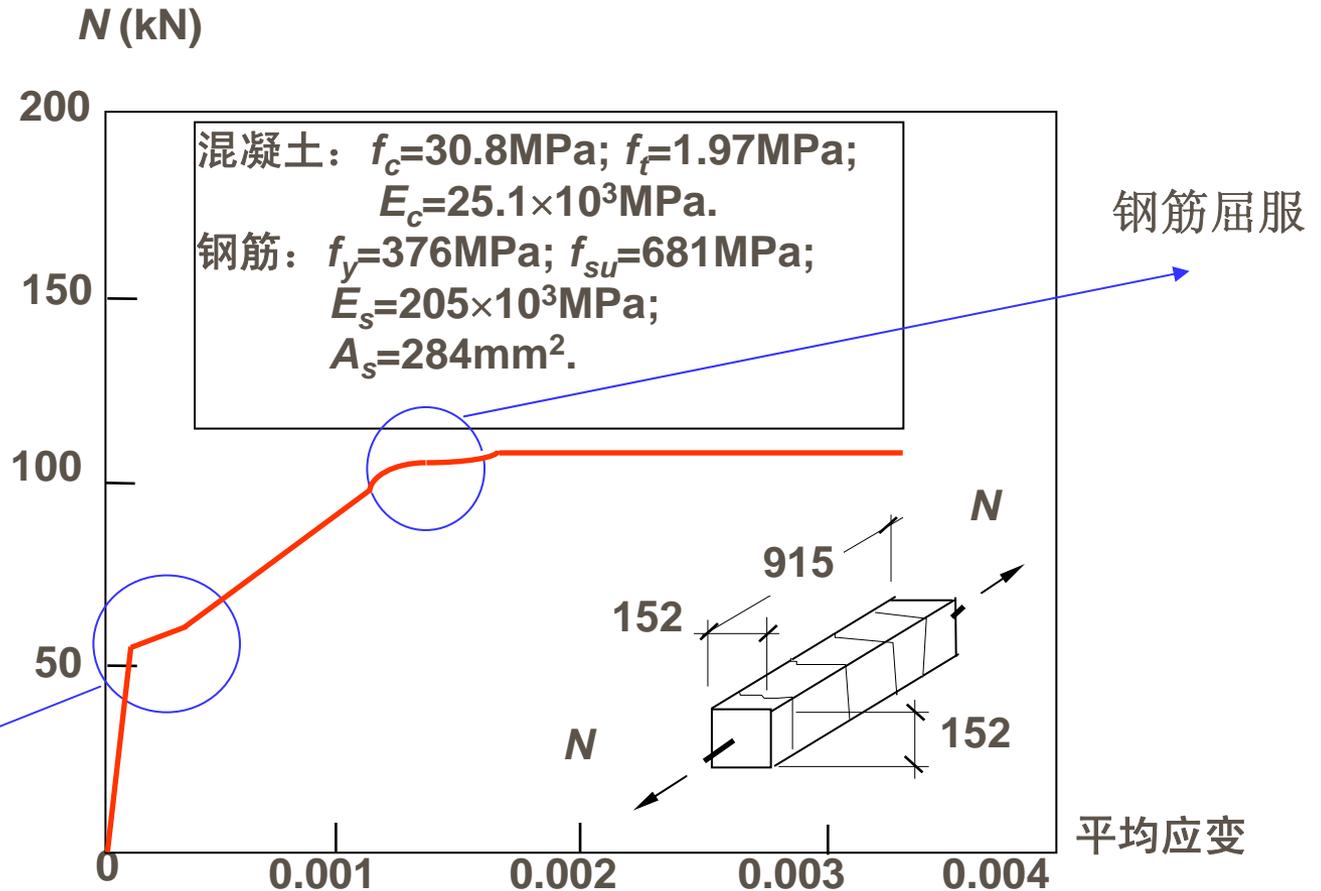
§ 3.2 钢筋混凝土轴心受拉构件

➤ 试验研究

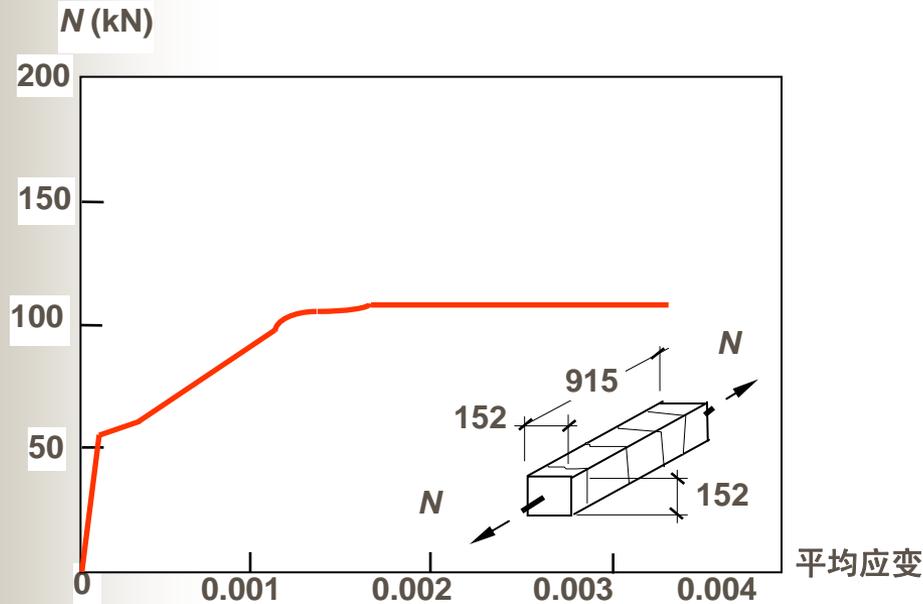
三个受力阶段

- 1. 第 I 阶段
- 2. 第 II 阶段
- 3. 第 III 阶段

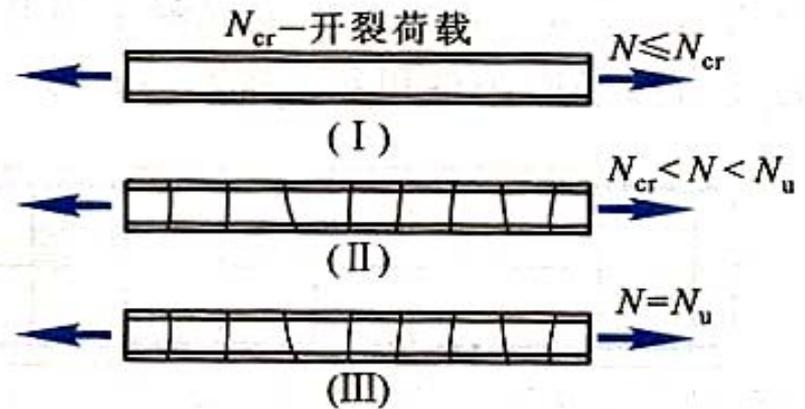
混凝土开裂



3.2.1 受力过程及破坏特征



$$(b) \quad N_{cr} = 0.5E_c A(1 + 2\alpha_E \rho) \varepsilon_{t0}$$



1. 第 I 阶段：混凝土开裂前 (线弹性工作阶段)

2. 第 II 阶段：混凝土开裂后至钢筋屈服前 (带裂缝工作阶段)

3. 第 III 阶段：钢筋屈服后

➤ 变形继续增大，裂缝不断加宽，直至构件破坏。

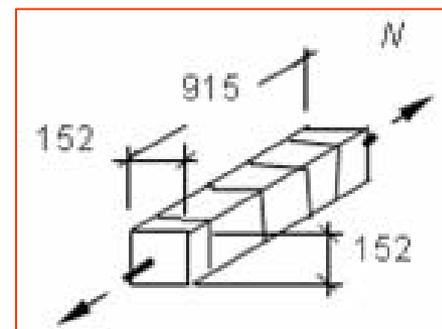
■ 3.2.1 受力过程及破坏特征

➤ 结论

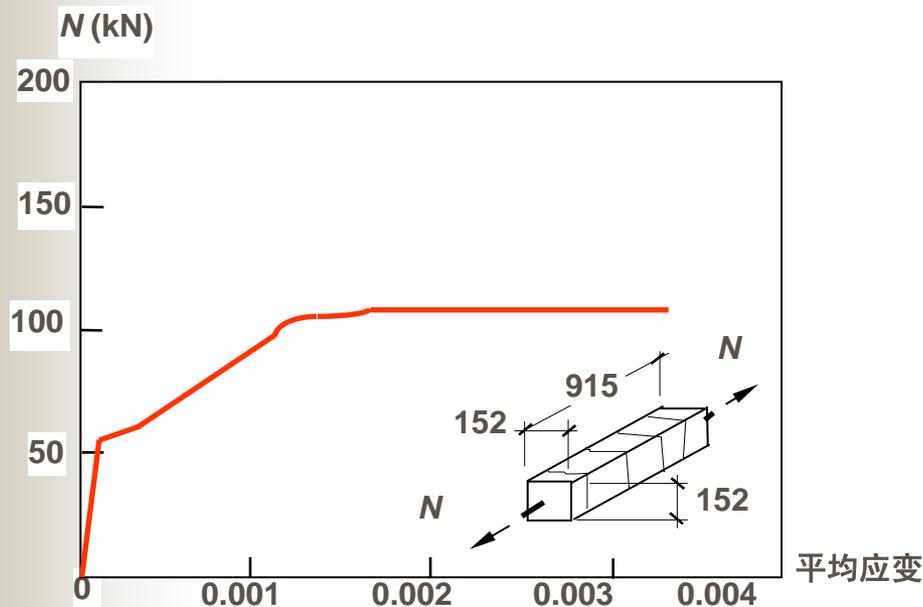
$$N_{cr} = 0.5E_c A(1 + 2\alpha_E \rho) \varepsilon_{t0}$$

$$\Delta\sigma_s = f_{tk} / \rho$$

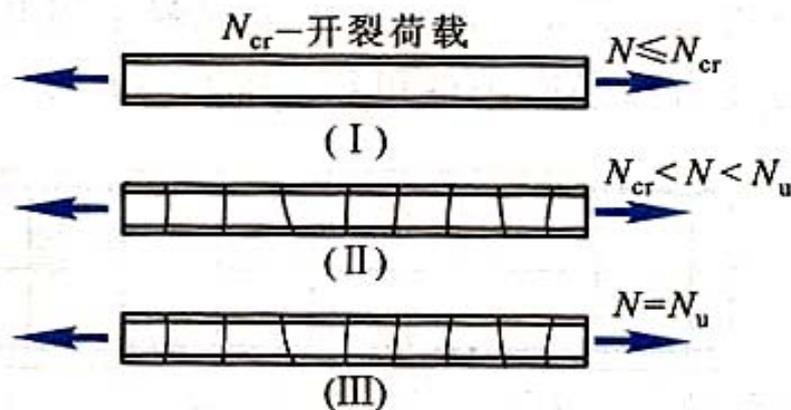
- 开裂荷载主要取决于混凝土；
- 即将开裂时，钢筋的应力很小；截面开裂后钢筋的应力突变，但只要钢筋用量不是太少，钢筋不会立即屈服；
- 首条裂缝出现后还会继续出现裂缝，但裂缝增至一定数量后便不在增加；
- 构件破坏时，混凝土退出工作，极限承载力取决于钢筋的用量和强度。



3.2.1 受力过程及破坏特征



$$(b) \quad N_{cr} = 0.5E_c A(1 + 2\alpha_E \rho)\epsilon_{t0}$$



1. 第 I 阶段：混凝土开裂前 (线弹性工作阶段)

2. 第 II 阶段：混凝土开裂后至钢筋屈服前 (带裂缝工作阶段)

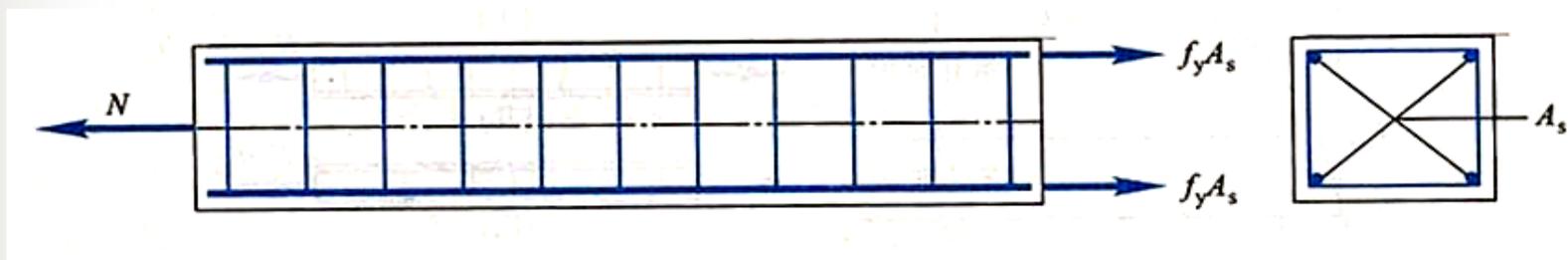
3. 第 III 阶段：钢筋屈服后

➤ 变形继续增大，裂缝不断加宽，直至构件破坏。

■ 3.2.2 建筑工程中轴拉构件正截面承载力计算

1. 计算公式

正截面——与构件轴线垂直的截面。



$$N \leq f_y A_s$$

3-1

N —— 拉力的组合设计值； $N = \gamma_0 (\gamma_G N_{gk} + \gamma_Q N_{qk})$

f_y —— 钢筋抗拉强度设计值， $f_y \leq 300 \text{ N/mm}^2$ ；

A_s —— 纵向钢筋面积。

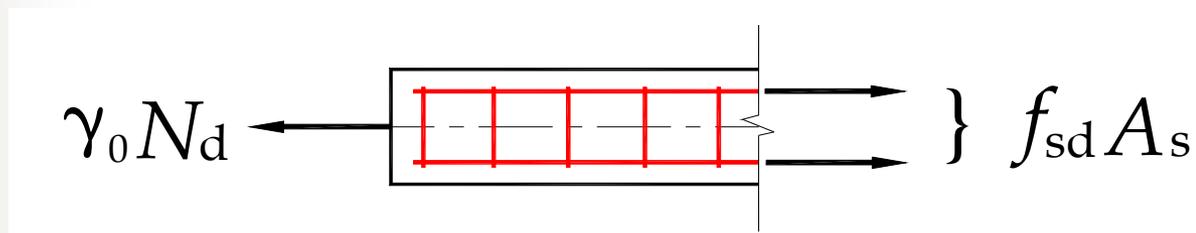


■ 3.2.2 建筑工程中轴拉构件正截面承载力计算

2. 构造要求

- 钢筋连接有绑扎连接、焊接连接、螺栓连接、套筒挤压连接等多种方式。**轴拉构件不得采用绑扎的搭接接头。**
- 纵筋一侧配筋率 $\rho \geq 0.2\%$, 且 $\geq 0.45 f_t / f_y$
(f_t 为混凝土轴心抗拉强度设计值)
- 纵筋应沿截面周边均匀对称布置, 并宜优先采用直径较小的钢筋。
- 箍筋直径 $d \geq 6\text{mm}$, 间距 $s \leq 200\text{mm}$ (腹杆中 $s \leq 150\text{mm}$)。

■ 3.2.3 公路桥涵工程中的轴拉构件



$$\gamma_0 N_d \leq f_{sd} A_s$$

3-2

γ_0 —— 桥涵结构的重要性系数；

N_d —— 拉力的组合设计值；

f_{sd} —— 钢筋抗拉强度设计值， $f_{sd} \leq 330 \text{ N/mm}^2$ ；

■ 补充例题

补充例题

■ 某钢筋混凝土屋架下弦，按轴心受拉构件设计，其截面尺寸取为 **$b \times h = 200\text{mm} \times 160\text{mm}$** ，其端节间承受的恒荷载产生的轴向拉力标准值 **$N_{gk} = 130\text{kN}$** ，活荷载产生的轴向拉力标准值 **$N_{qk} = 45\text{kN}$** ，结构重要性系数 **$\gamma_0 = 1.1$** ，混凝土的强度等级为**C25**，纵向钢筋为**HRB335**级，试按正截面承载力要求计算其所需配置的纵向受拉钢筋截面面积，并为其选择钢筋。

基本公式：
$$N \leq f_y A_s$$

拉力的组合
设计值 $N = ?$

$A_s = ?$

如何求解？

例题讲解

某钢筋混凝土屋架下弦，按轴心受拉构件设计，其截面尺寸取为 $b \times h = 200\text{mm} \times 160\text{mm}$ ，其端节间承受的恒荷载产生的轴向拉力标准值 $N_{gk} = 130\text{kN}$ ，活荷载产生的轴向拉力标准值 $N_{qk} = 45\text{kN}$ ，结构重要性系数 $\gamma_0 = 1.1$ ，混凝土的强度等级为C25，纵向钢筋为HRB335级，试按正截面承载力要求计算其所需配置的纵向受拉钢筋截面面积，并为其选择钢筋。

- 查342页附录2得：HRB335级钢筋的抗拉强度设计值 $f_y = 300\text{N/mm}^2$ ；
- 341页附录1 C25 砼 $f_t = 1.27\text{N/mm}^2$

解题步骤

1. 计算轴向拉力设计值



2. 计算受拉纵筋 A_s



3. 验算配筋率



4. 选筋

例题讲解

解： 1. 计算轴向拉力设计值

(1) 可变荷载效应控制

$$N = \gamma_0 (\gamma_G N_{gk} + \gamma_Q N_{qk})$$

$$= 1.1(1.2 \times 130 + 1.4 \times 45) = 240.9 \text{ kN}$$

(2) 永久荷载效应控制

$$N = \gamma_0 (\gamma_G N_{gk} + \gamma_Q \psi_c N_{qk})$$

$$= 1.1(1.35 \times 130 + 0.7 \times 1.4 \times 45) = 220.8 \text{ kN}$$

取该值作为截面设计的依据

2. 计算所需纵向受拉钢筋的面积

由基本公式：

$$N \leq f_y A_s$$



$$A_s = \frac{N}{f_y} = \frac{240.9 \times 10^3}{300} = 803 \text{ mm}^2$$

例题讲解



解： 1. 计算轴向拉力设计值

$$N = 240.9kN$$

2. 计算所需纵向受拉钢筋的面积

$$A_s = 803mm^2$$

3. 验算配筋率

➤ 纵筋一侧配筋率 $\rho \geq 0.2\%$ ，且 $\geq 0.45 f_t / f_y$ 。
(f_t 为混凝土轴心抗拉强度设计值)

$$A_{s,\min} = \rho_{\min} bh = 0.4\% \times 200 \times 160 = 128mm^2 < 803mm^2$$

$$(\rho_{\min} = 2 \times 0.45 f_t / f_y = 0.9 \times 1.27 / 300 = 0.381\%)$$

故满足要求

4. 选筋并画配筋断面图

按 A_s 选择纵向受力筋，按**构造要求**选择箍筋。

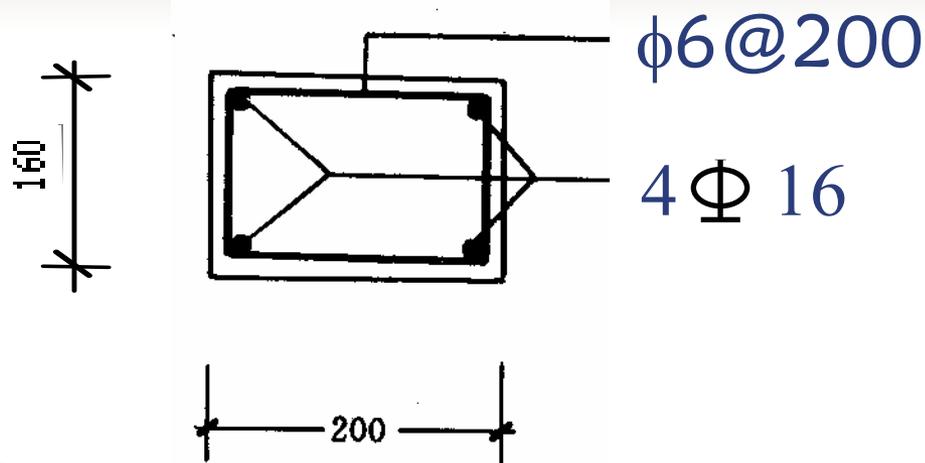
- 箍筋直径 $d \geq 6mm$ ，间距 $s \leq 200mm$ (腹杆中 $s \leq 150mm$)。

选筋 (359页附表11-1 钢筋的计算截面面积及理论重量)



公称直径 mm	不同根数钢筋的计算截面面积/mm ²									单根钢筋理论重量 (kg/m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	28.3	57	85	113	142	170	198	226	255	0.222
6.5	33.2	66	100	133	166	199	232	265	299	0.260
8	50.3	101	151	201	252	302	352	402	453	0.395
8.2	52.8	106	158	211	264	317	370	423	475	0.432
10	78.5	157	236	314	393	471	550	628	707	0.617
12	113.1	226	339	452	565	678	791	904	1017	0.888
14	153.9	308	461	615	769	923	1077	1231	1385	1.21
16	201.1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1809	1.58
18	254.5	509	763	1017	1272	1526	1780	2036	2290	2.00
20	314.2	628	941	1256	1570	1884	2200	2513	2827	2.47
22	380.1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2.98
25	490.9	982	1473	1964	2454	2945	3436	3927	4418	3.85
28	615.8	1232	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4.83
32	804.2	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6.31
36	1017.9	2036	2954	3972	5089	6107	7125	8143	9161	7.99
40	1256.6	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9.87

■ 配筋断面



❖ 选筋注意事项

- 受力钢筋至少4根；
- 所配钢筋的直径尽量相同；
- 受力钢筋根数多于4根时，应保证其能沿周边均匀布置；
- 优先选用直径较小的钢筋：水池池壁——8~16mm；
其它——12~25mm。

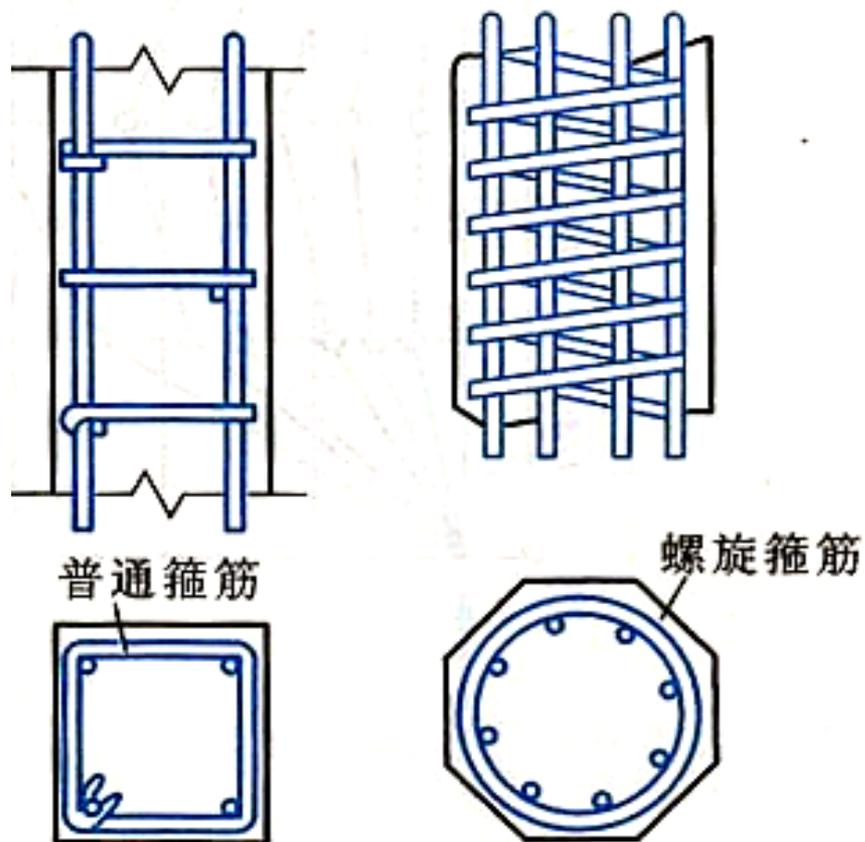
§ 3.3 钢筋混凝土轴心受压构件

■ 概述

➤ 两种不同的箍筋配置方式

➤ 纵向钢筋的作用

➤ 箍筋的作用



普通箍筋柱和螺旋箍筋柱

§ 3.3.1 配有普通箍筋的轴心受压构件

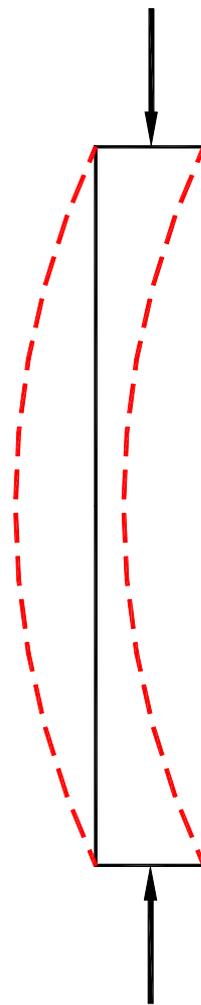
■ 1. 受力分析及破坏特征

➤ **短柱（短构件）：** $l_0/i \leq 28$ (l_0 为柱计算长度， i 为回转半径。)

■ **矩形截面短柱：** $l_0/b \leq 8$

➤ **长柱（中长构件）：** $l_0/i > 28$ (l_0 为柱计算长度， i 为回转半径。)

■ **矩形截面长柱：** $l_0/b > 8$



■ 短柱的受力分析及破坏特征

- (1) 初始偏心对构件承载力无明显影响。
- (2) 极限荷载时，其极限压应变大致与**混凝土棱柱体**受压破坏时的压应变 (ε_0) 相同；混凝土的应力达到 f_{ck} 。
- (3) 不论受压钢筋在构件破坏时是否屈服，**构件的最终承载力都是由混凝土压碎来控制。**



轴心受压短柱的破坏形态

普通钢筋：

$$N_u = f_{yk}' A_s' + f_{ck} A$$

高强钢筋：

$$N_u = \sigma_s' A_s' + f_{ck} A$$

$$\sigma_s' = 0.002 E_s = 0.002 \times 200000 = 400 \text{ N/mm}^2$$

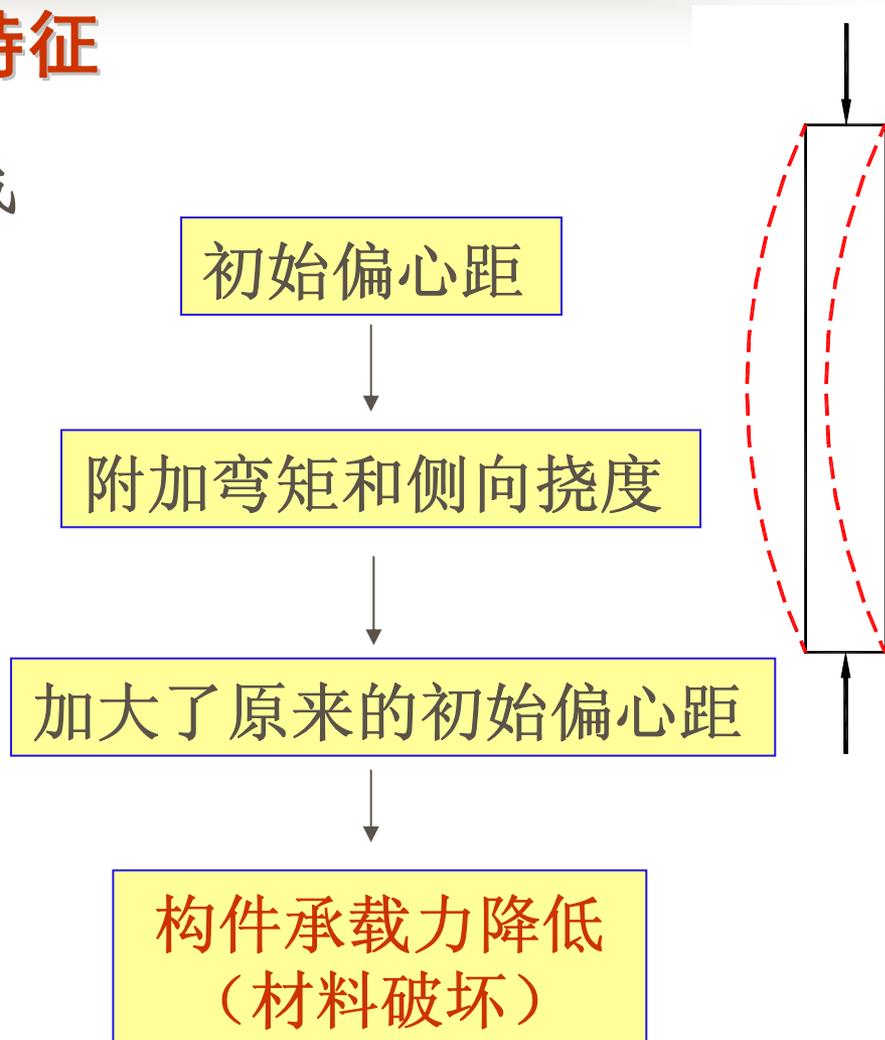
不宜用高强度钢筋
作为受压钢筋

■ 长柱受力分析及破坏特征

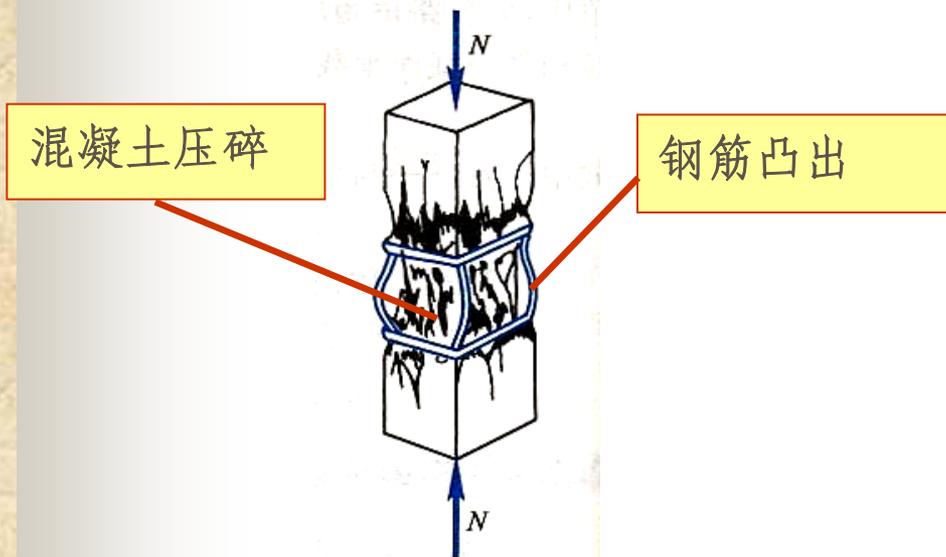
加荷时由于种种因素形成的**初始偏心距**对试验结果影响较大，它将使构件产生附加弯矩和弯曲变形。

对**长细比很大**的构件来说，则有可能在材料强度尚未达到以前，即由于构件**丧失稳定**而引起破坏。

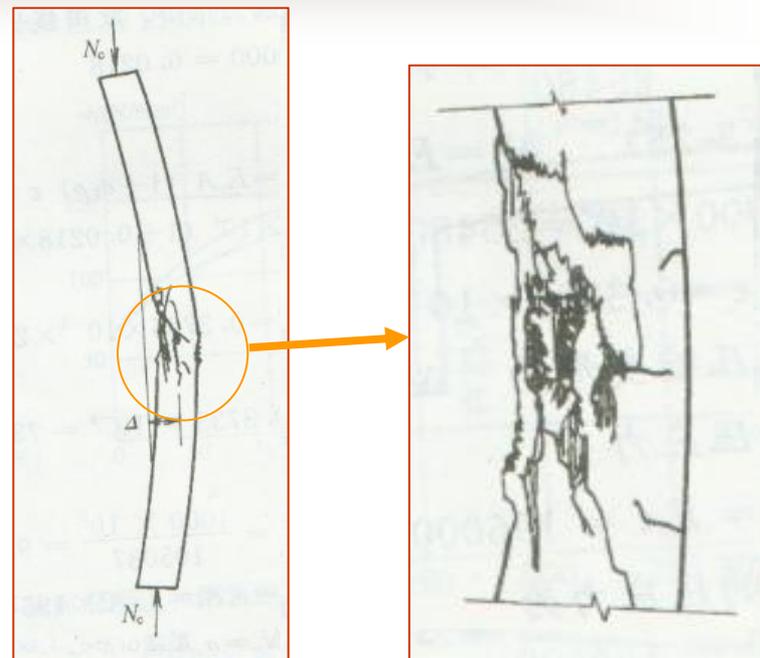
→ 失稳破坏



■ 短柱与长柱比较



短柱：混凝土压碎，钢筋压屈



长柱：构件压屈

长柱的承载力低于相同条件下（相同材料、截面和配筋）的短柱

→ 稳定系数：

$$\varphi = \frac{N_{cu}^{\text{长}}}{N_{cu}^{\text{短}}}$$

原因：长柱受轴力和弯矩（二次弯矩）的共同作用

稳定系数 φ

——反映受压构件的承载力随长细比增大而降低的现象。

$$\varphi = N_u^{\text{长}} / N_u^{\text{短}} \leq 1.0$$



$$N_u = \varphi (f'_{yk} A'_s + f_{ck} A)$$

$$N_u^{\text{短}} = f'_{yk} A'_s + f_{ck} A$$

φ { 短柱: $\varphi = 1.0$

长柱: $\varphi \dots l_0/i$ (或 l_0/b) 查表3-1

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

钢筋混凝土轴心受压构件的稳定系数 φ

l_0/b	l_0/d	l_0/i	φ	l_0/b	l_0/d	l_0/i	φ
8	7	28	1	30	26	104	0.45
10	8.5	35	0.98	32	28	112	0.44
12	10.5	42	0.95	34	29.5	120	0.43
14	12	48	0.92	36	31	125	0.40
16	14	55	0.87	38	33	132	0.36
18	15.5	62	0.81	40	34.5	139	0.32
20	17	69	0.75	42	36.5	146	0.29
22	19	76	0.70	44	38	153	0.26
24	21	83	0.65	46	40	160	0.23
26	22.5	90	0.60	48	41.5	167	0.21
28	24	97	0.56	50	43	174	0.19

计算长度?

◆ 构件的计算长度 l_0

——与构件端部的支承条件有关。

➤ 理想支承的结构

两端铰

1.0l

一端固定，一端铰支

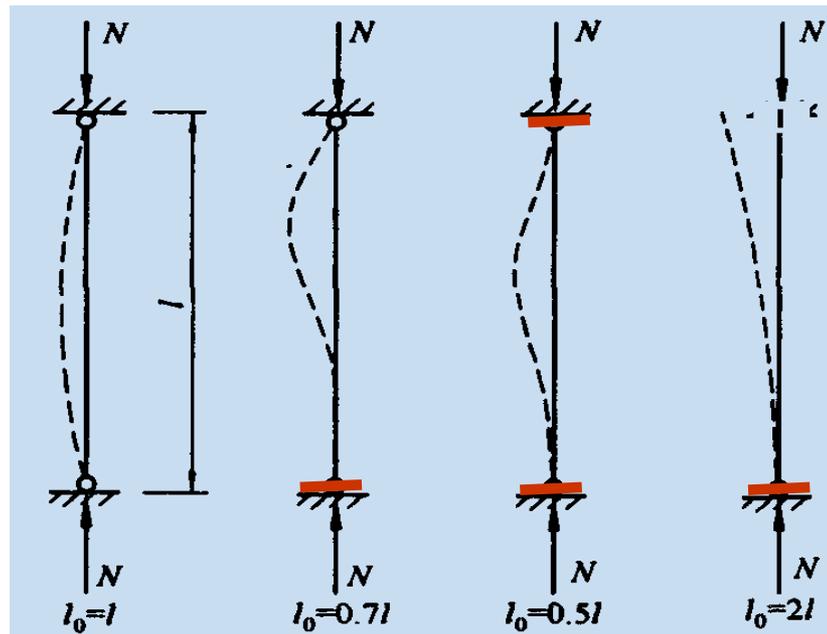
0.7l

两端固定

0.5l

一端固定，一端自由

2.0l



➤ 实际结构按规范规定取值。

◆ 构件的计算长度 l_0

——与构件端部的支承条件有关。

● 对一般多层房屋的框架柱，梁柱为刚接的框架各层柱段，其计算长度可取为：

➤ 现浇楼盖：

底层柱段

$$l_0 = 1.0H$$

其余各层柱段

$$l_0 = 1.25H$$

➤ 装配式楼盖：

底层柱段

$$l_0 = 1.25H$$

其余各层柱段

$$l_0 = 1.5H$$

□ 对底层柱段， H 为从基础顶面到一层楼盖顶面的高度；
对其余各层柱段， H 为上、下两层楼盖顶面之间的高度。

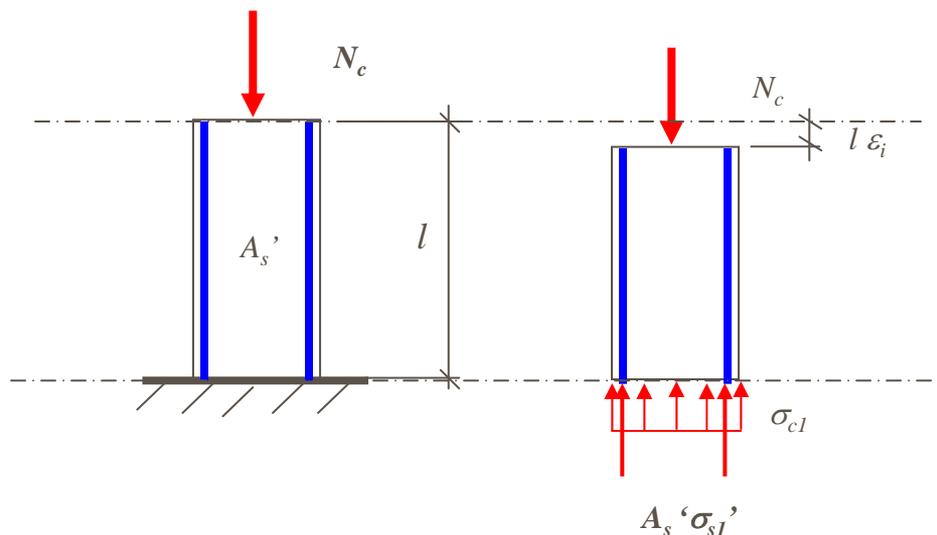
■ 徐变对轴心受压短柱的影响*

■ N_c 施加后的瞬时

■ 经历徐变后：应力重分布

- 钢筋的压应力增加
- 混凝土的压应力减小

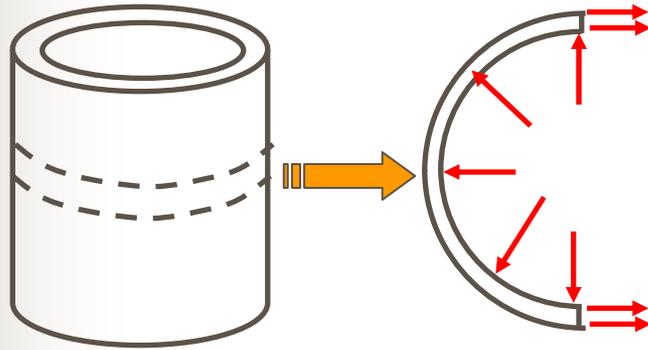
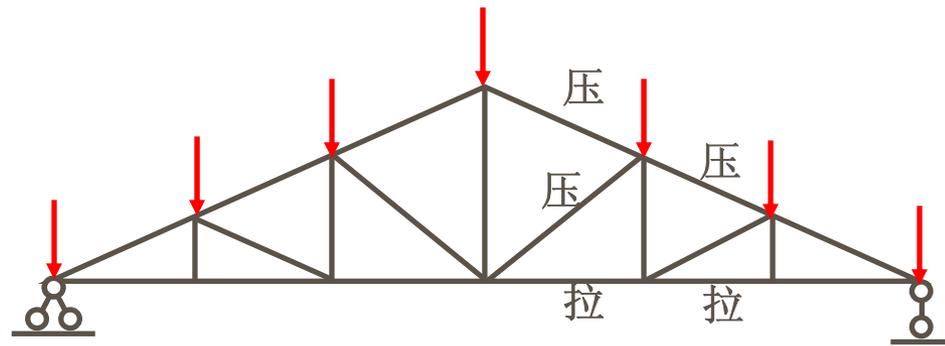
■ N_c 撤去后：



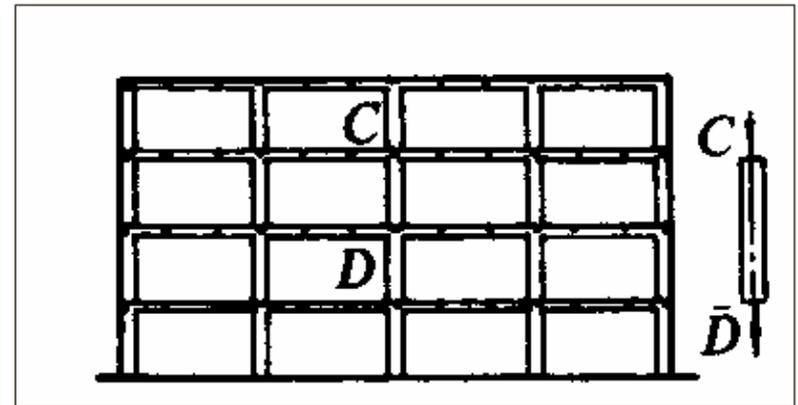
由于这时钢筋与混凝土之间的粘结强度并未破坏，因此，整个构件截面实际恢复的变形必然介于钢筋的弹性变形和混凝土的弹性变形之间，从而必将在**钢筋中产生强制压力**，而在**混凝土中产生强制拉力**。若截面配筋率较高，混凝土的徐变较大，强制拉力就可能大到足以**把混凝土拉裂**的地步。

■ 回顾上次课的主要知识点

近似按轴心受力构件设计的工程实例

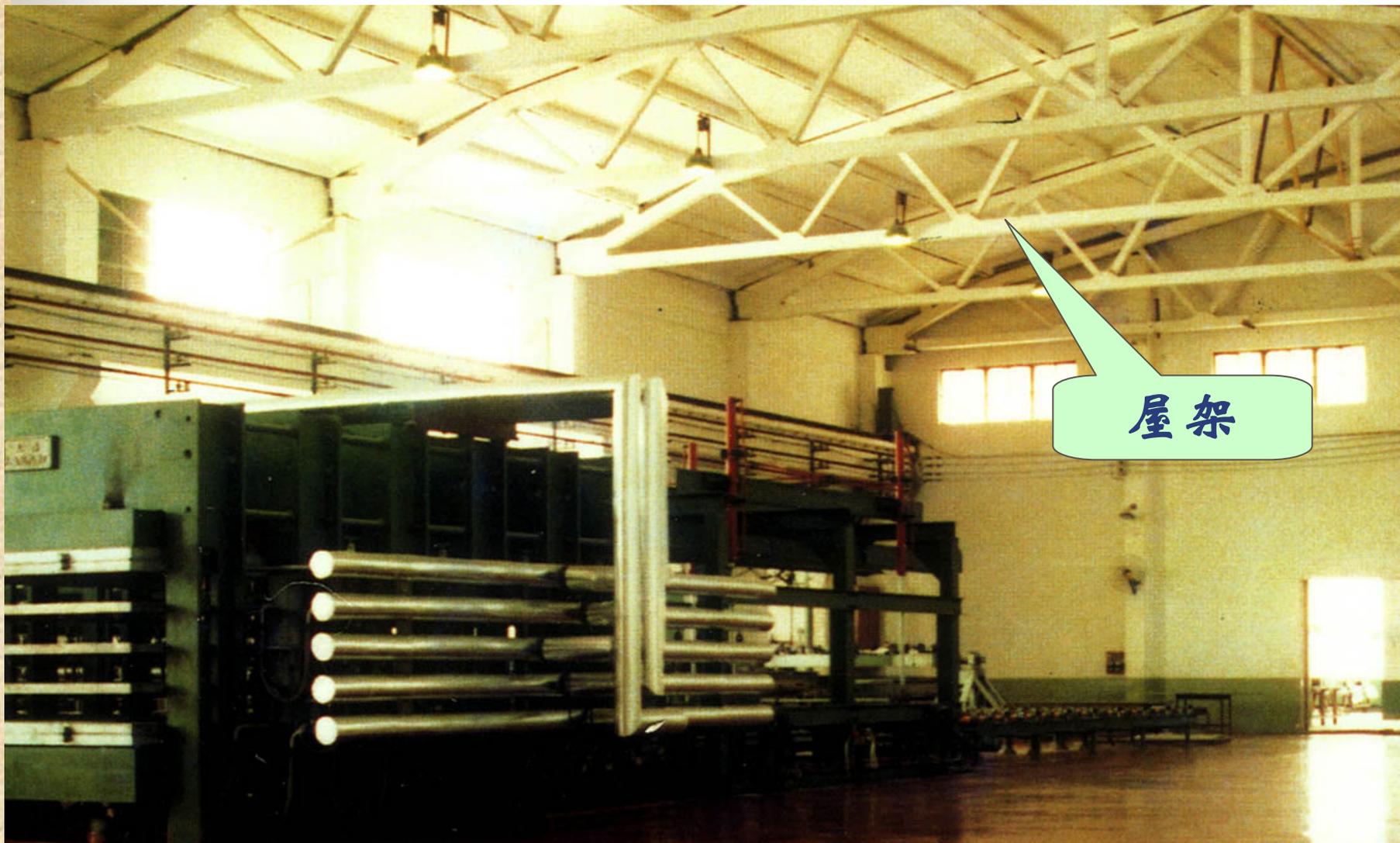


轴心受拉



轴心受压

近似按轴心受力构件设计的工程实例



近似按轴心受力构件设计的工程实例



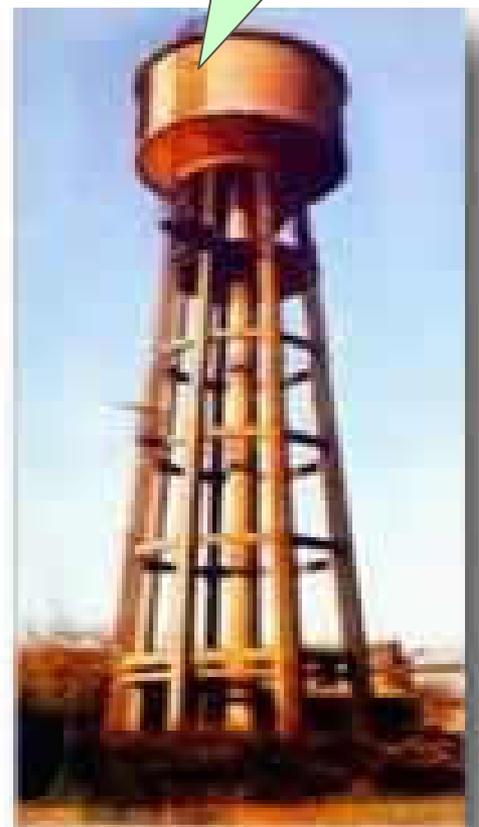
多层钢筋混凝土框架
结构房屋的内柱

近似按轴心受力构件设计的工程实例



圆形蓄水池池壁

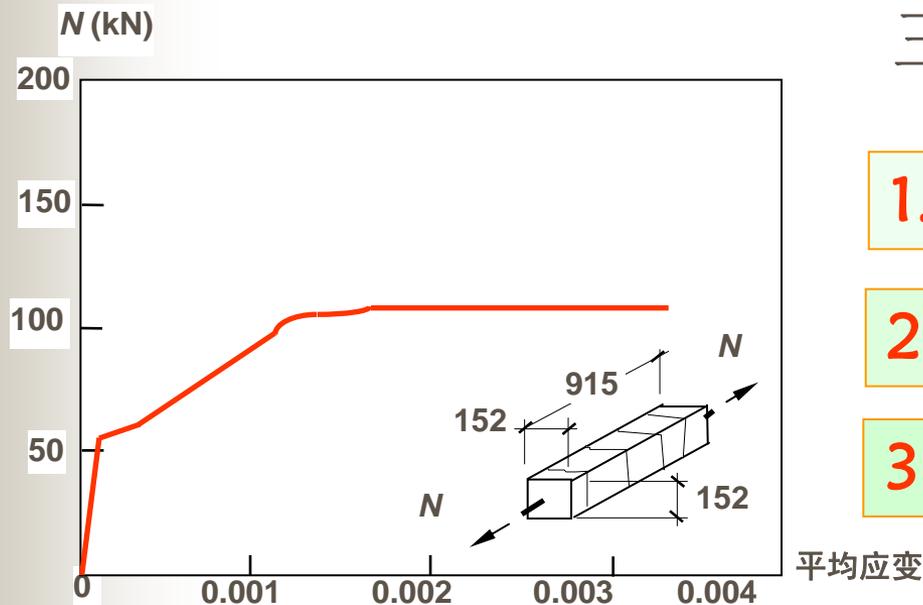
水塔的水箱壁



轴心受拉构件

三个受力阶段：

- 1. 第 I 阶段：线弹性工作阶段
- 2. 第 II 阶段：带裂缝工作阶段
- 3. 第 III 阶段：破坏阶段



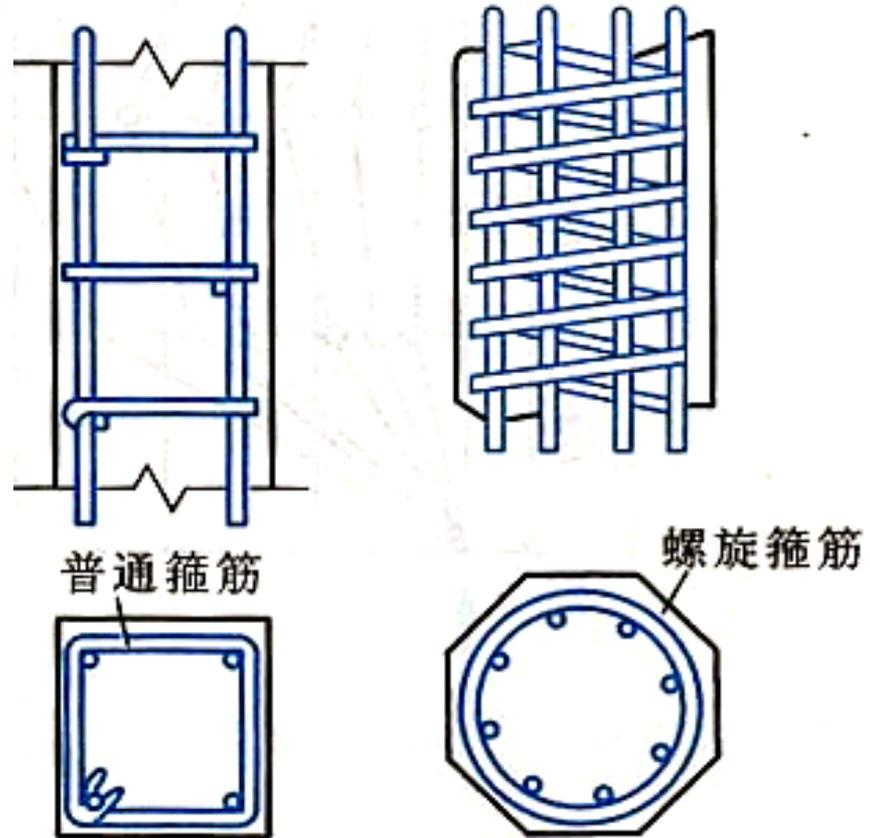
● 重要结论极限承载力取决于钢筋的用量和强度。

● 正截面承载力计算公式：

$$N \leq f_y A_s$$

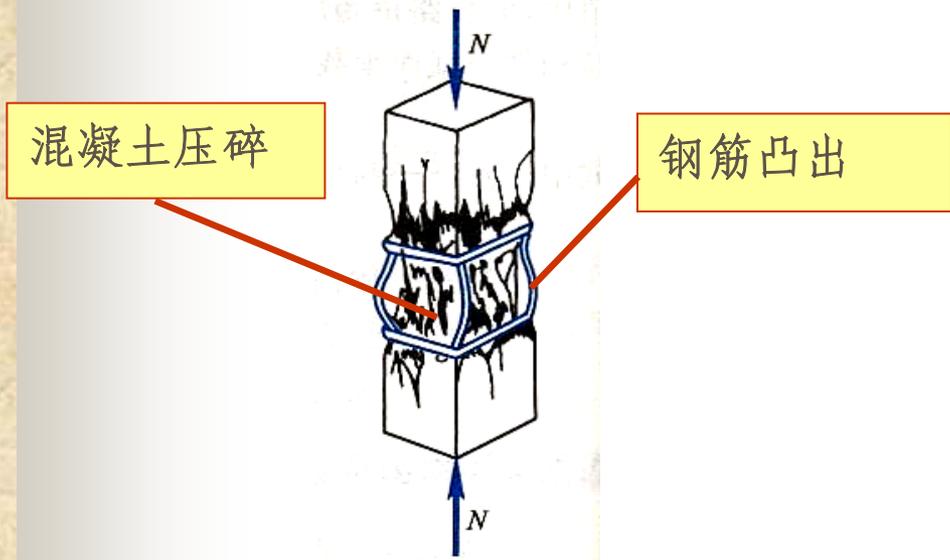
■ 轴心受压构件

➤ 两种不同的箍筋配置方式

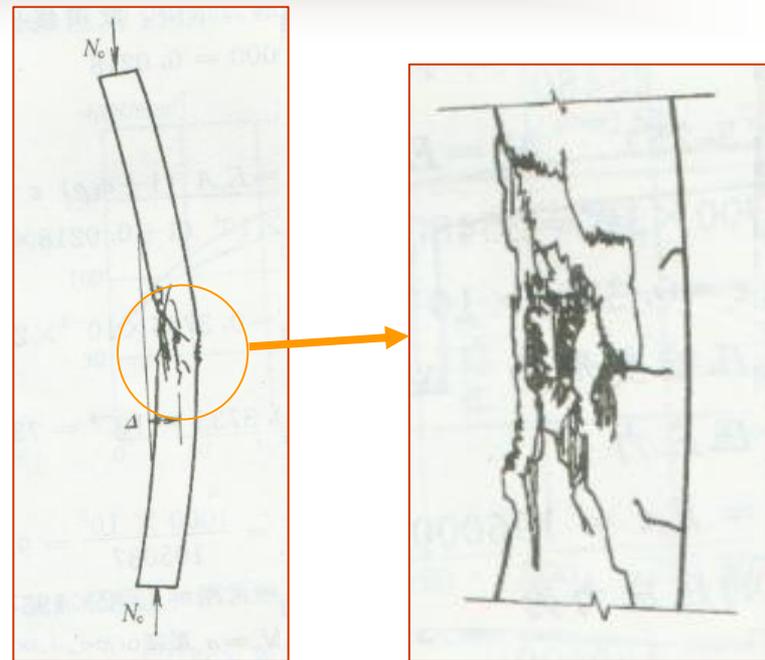


普通箍筋柱和螺旋箍筋柱

配普通箍筋的轴心受压构件



短柱：混凝土压碎，钢筋压屈



长柱：构件压屈

→ **稳定系数：**

$$\varphi = \frac{N_{cu}^{\text{长}}}{N_{cu}^{\text{短}}}$$

→ 细长柱：**失稳破坏。**



$$N_u = \varphi(f'_{yk}A'_s + f_{ck}A)$$

§ 3.3.1 配有普通箍筋的轴心受压构件

■ 2. 建筑工程配有普通箍筋的轴压构件计算

$$N \leq \underline{0.9} \varphi (f'_y A'_s + f_c A) \quad 3-3$$

为了保持与偏心受压构件正截面承载力计算具有相近的可靠度而引入的系数。

φ —— 稳定系数；

f'_y —— 钢筋抗压强度设计值；

f_c —— 混凝土轴心抗压强度设计值；当现浇钢筋混凝土轴压构件截面长边或直径小于**300mm**时，混凝土强度设计值应乘以系数**0.8**。

A'_s —— 全部纵向受压钢筋面积；

A —— 构件截面面积，当纵向钢筋配筋率大于**0.03**时， A 采用 $A_c = A - A'_s$ ；

公式应用

□ 截面设计：已知： $b \times h$, f_c, f'_y, l_0, N , 求 A'_s

$$A'_s = \frac{(N - 0.9\varphi f_c A)}{0.9\varphi f'_y}$$

$$\rho' > \rho'_{\min} \quad \rho'_{\min} = 0.6\%$$

采用HRB400级钢
筋： $\rho'_{\min} = 0.5\%$

□ 强度校核：已知： $b \times h$, f_c, f'_y, l_0, A'_s , 求 N_u

$$N_u = 0.9\varphi (A'_s f'_y + f_c A)$$

当 $N_u \geq N$ \therefore 安全

■ 3. 构造要求

❖ 材料：混凝土宜高一些，钢筋宜用**HRB400**级。

➤ 不宜用高强度钢筋作为受压钢筋。

➤ 同时，也不得用冷拉钢筋作为受压钢筋。

❖ 截面：以方形为主，也可采用矩形截面、圆形截面或正多边形截面；

$b \geq 250\text{mm}$ ；构件长细比 l_0/b 一般为**15左右**， $l_0/b \leq 30$ 。

❖ 纵筋： $d \geq 12\text{mm}$ ，圆柱中根数 ≥ 6 （不宜少于8根）
 $\rho' \leq 5\%$ ； $50\text{mm} \leq @ \leq 350\text{mm}$ ；
保护层厚度 $c \geq 25\text{mm}$ 。

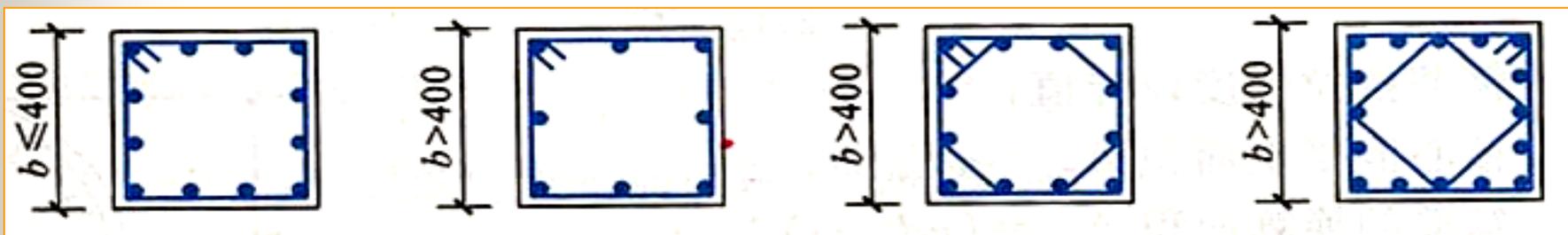


■ 3. 构造要求

❖ 箍筋：应采用封闭式箍筋，以保证钢筋骨架的整体刚度并保证构件在破坏阶段箍筋对混凝土和纵向钢筋的侧向约束作用。

❖ 箍筋直径： $d \geq 6\text{mm}$ ， $\geq d_{\text{纵}}/4$ ；

❖ 箍筋间距： $s \leq 400\text{mm}$ ， $\leq 15d_{\text{纵}}$ 。



(每边4根)

(每边3根)

(每边多于3根)

(每边多于4根)

单个箍筋与复合箍筋的设置

例题讲解

- [例题3-2] 某轴心受压柱，轴力设计值 $N=2400\text{kN}$ ，计算高度为 $l_0=6.2\text{m}$ 。混凝土C25，纵筋采用HRB400级钢筋。试求柱截面尺寸并配置钢筋。

解题思路

基本公式: $N \leq 0.9\phi(f_y A_s' + f_c A)$

$\phi = ?$

$A_s = ?$

$A = ?$

方法一
假定 ρ' 、 $\phi \rightarrow A \rightarrow b=h$

先确定A

求

方法二
假定 $l_0/b=15$ 左右 $\rightarrow b \rightarrow A, \phi$

如何求解?

例题讲解

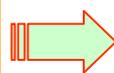
解： 1.初步估算截面尺寸

✓查341页附录1 **C25** 砼 $f_c=11.9\text{N/mm}^2$

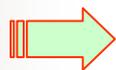
✓342页附录2得：**HRB400**级钢筋的 $f'_y=360\text{N/mm}^2$ ；

取 $\varphi=1.0$, $\rho'=1\%$

由： $N \leq 0.9\varphi(f'_y\rho' A + f_c A)$



$$A = \frac{N}{0.9\varphi(f_c + f'_y\rho')}$$



$$A = \frac{2400 \times 10^3}{0.9 \times 1 \times (11.9 + 360 \times 0.01)} = 172.043 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

➤若取方柱： $b = h = \sqrt{A} = 414.78\text{mm}$

➤截面尺寸模数化： 取 $b = h = 450\text{mm}$

例题讲解

解： 1.初步估算截面尺寸 取 $b = h = 450\text{mm}$

2.计算受力钢筋的面积

$l_0/b = 6200/450 = 13.78$ \Rightarrow 查表 $\varphi = 0.923$

由基本公式 \Rightarrow

$$A'_s = \frac{N - 0.9\varphi f_c A}{0.9\varphi f_y'}$$

$$\Rightarrow A'_s = \frac{2400 \times 10^3 - 0.9 \times 0.923 \times 11.9 \times 450 \times 450}{0.9 \times 0.923 \times 360} = 1332\text{mm}^2$$

3.验算配筋率并选筋

$$\rho' = \frac{1332}{450 \times 450} = 0.66\% > \rho'_{\min} = 0.5\%$$



例题讲解

解： 1.初步估算截面尺寸 $\text{取 } b = h = 450\text{mm}$

2.计算受力钢筋的面积 $A'_s = 1332\text{mm}^2$

3.验算配筋率并选筋

按 A'_s 选择纵向受力筋时，根数不能太少，应保证：

$$50\text{mm} \leq \text{钢筋中距} @ \leq 350\text{mm}$$

且钢筋应沿截面周边均匀布置。

选配 $8 \Phi 16$ ， $A'_s = 1608\text{mm}^2$ 。

$$\rho' = 0.794\% < 3\%$$

选筋 (359页附表11-1 钢筋的计算截面面积及理论重量)



公称直径 mm	不同根数钢筋的计算截面面积/mm ²									单根 钢筋 理论 重量 (kg/m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	28.3	57	85	113	142	170	198	226	255	0.222
6.5	33.2	66	100	133	166	199	232	265	299	0.260
8	50.3	101	151	201	252	302	352	402	453	0.395
8.2	52.8	106	158	211	264	317	370	423	475	0.432
10	78.5	157	236	314	393	471	550	628	707	0.617
12	113.1	226	339	452	565	678	791	904	1017	0.888
14	153.9	308	461	615	769	923	1077	1231	1385	1.21
16	201.1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1809	1.58
18	254.5	509	763	1017	1272	1526	1780	2036	2290	2.00
20	314.2	628	941	1256	1570	1884	2200	2513	2827	2.47
22	380.1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2.98
25	490.9	982	1473	1964	2454	2945	3436	3927	4418	3.85
28	615.8	1232	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4.83
32	804.2	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6.31
36	1017.9	2036	2954	3972	5089	6107	7125	8143	9161	7.99
40	1256.6	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9.87

§ 3.3.1 配有普通箍筋的轴心受压构件

■ 4. 桥涵工程中配有普通箍筋的轴压柱承载力

$$\gamma_0 N_d \leq 0.9\varphi(f_{cd}A + f'_{sd}A'_s) \quad 3-4$$

φ —— 稳定系数；

f_{cd} —— 混凝土抗压强度设计值；

f'_{sd} —— 纵向受压钢筋抗压强度设计值。

◆ 思考与讨论

➤ 配有普通箍筋的轴压构件承载力计算公式

$$N \leq 0.9\varphi(f_y' A_s' + f_c A)$$

➤ 影响承载力的因素:

➤ 长细比—— φ

➤ 材料强度—— f_c 、 f_y'

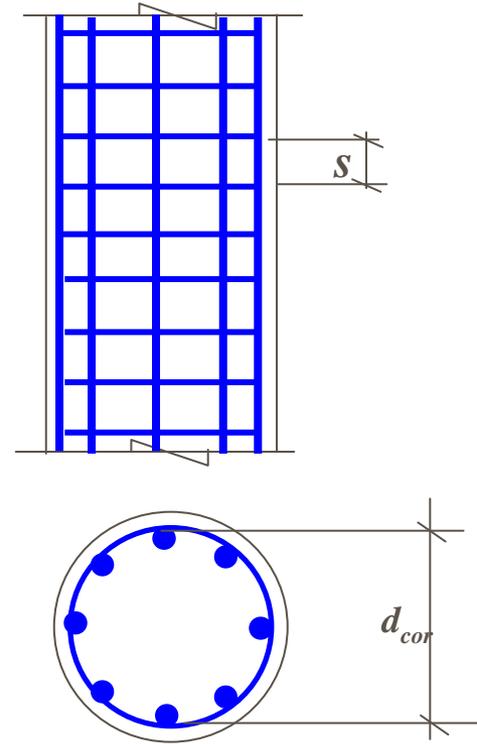
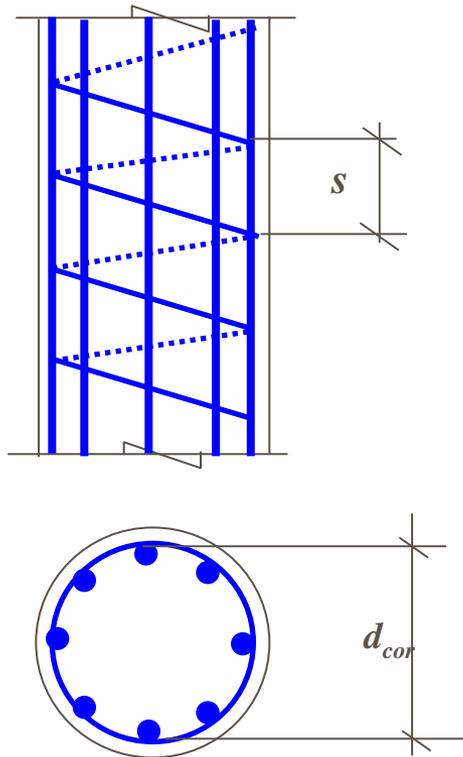
➤ 截面尺寸—— $b \times h$

➤ 配筋面积—— A_s'

当 N 很大，而截面、材料强度受限， $\rho' > 5\%$ 时怎么办？

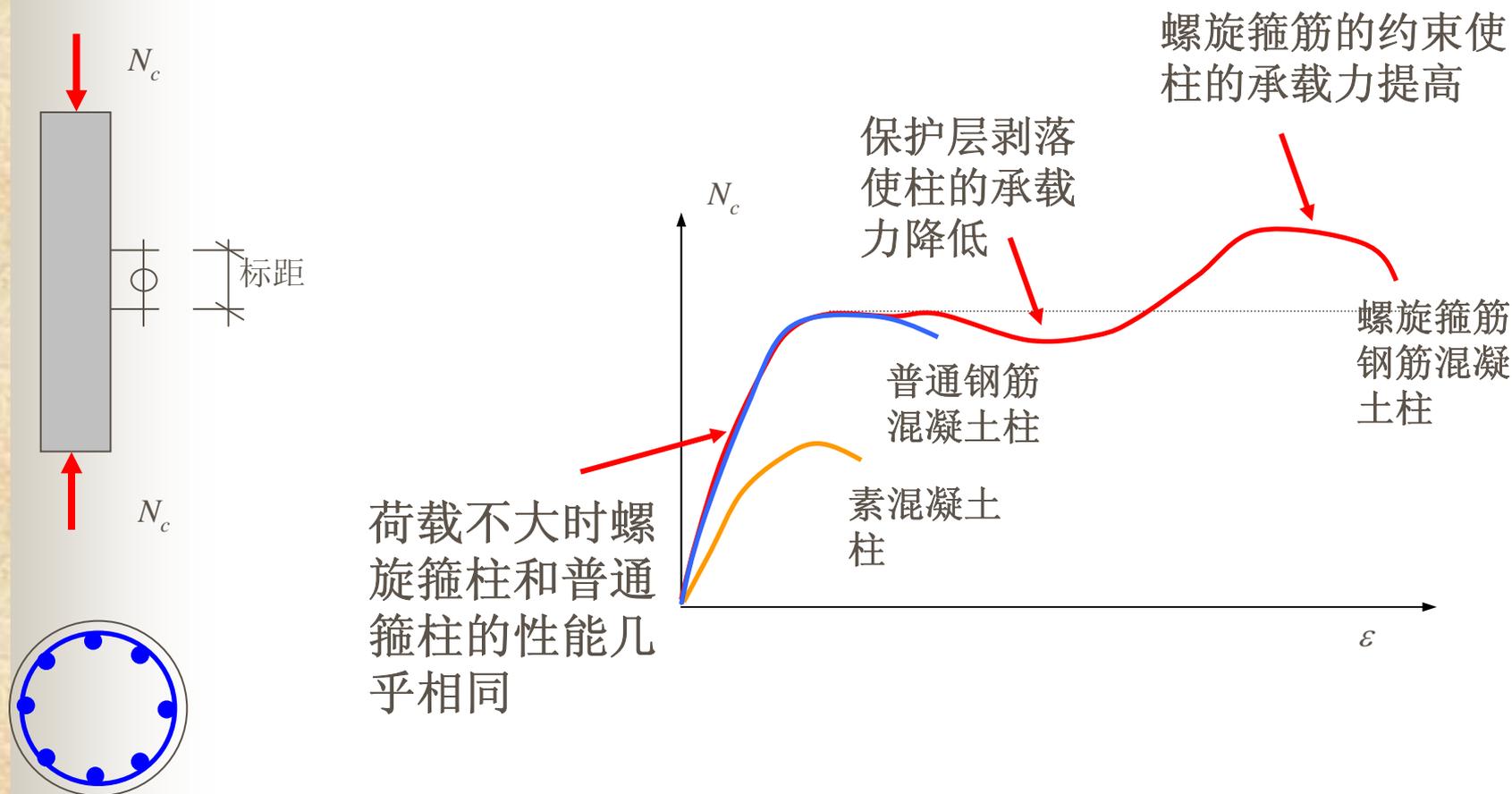
§ 3.3.2 配有螺旋箍筋的轴心受压构件

■ 配筋形式



§ 3.3.2 配有螺旋箍筋的轴心受压构件

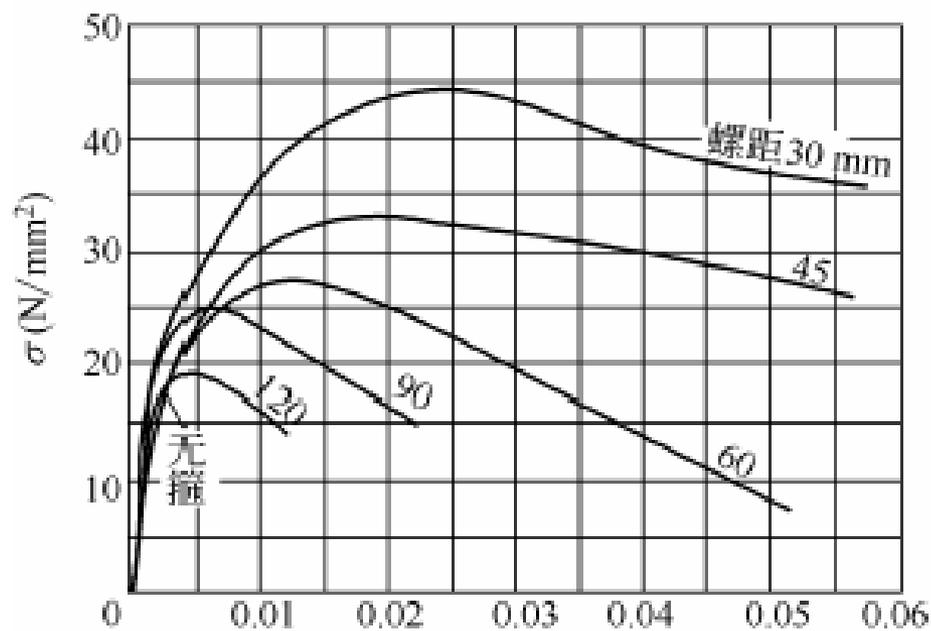
1. 受力分析及破坏特征



■ 1.受力分析及破坏特征

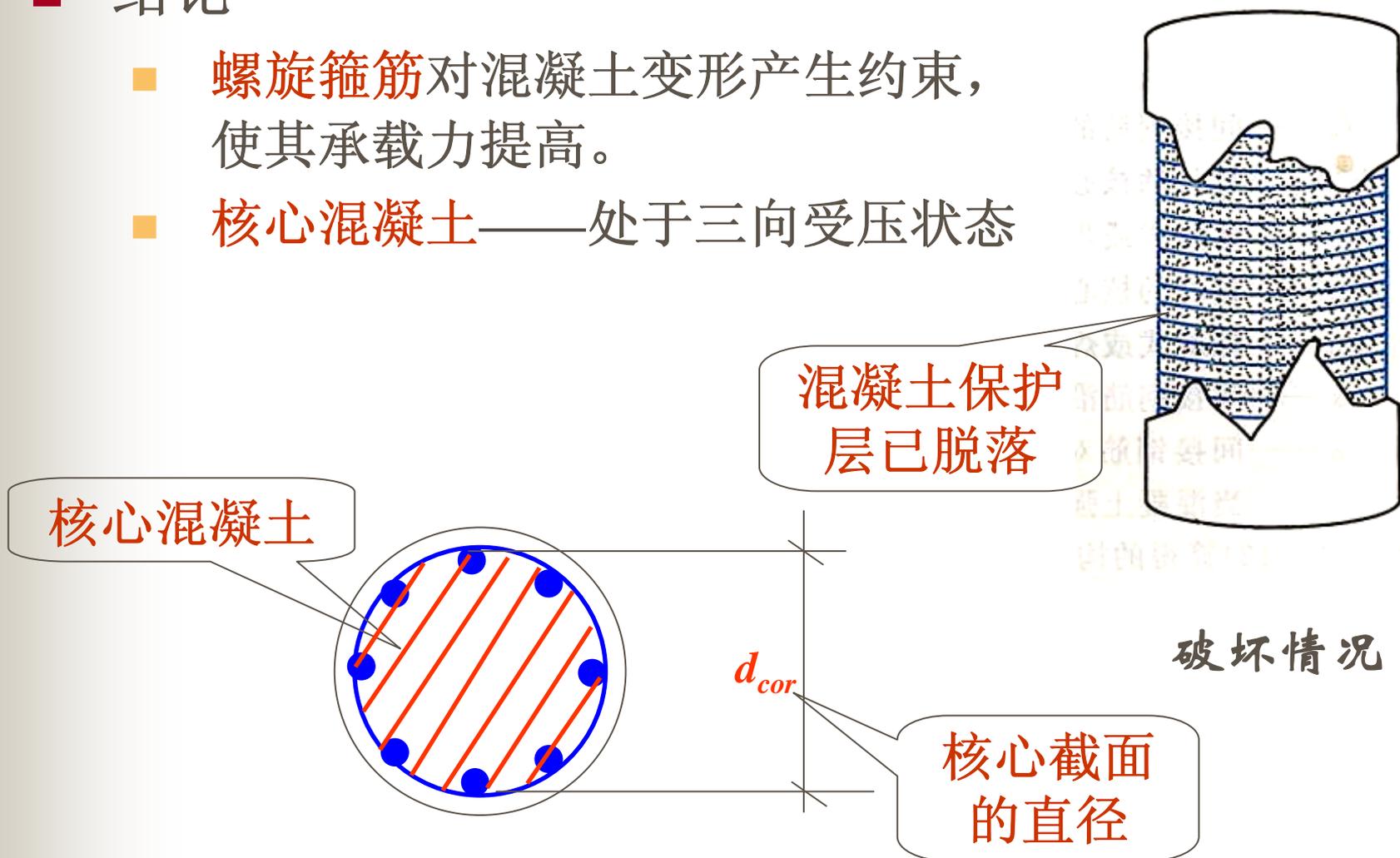
▶ 下图中绘出了不同螺距的6.5mm 直径的螺旋箍筋约束的混凝土圆柱体的应力-应变曲线。

▶ 从中可以看出圆柱体的抗压强度及极限应变随着螺旋箍筋用量的增加而相应增长的情况。



■ 结论

- 螺旋箍筋对混凝土变形产生约束，使其承载力提高。
- 核心混凝土——处于三向受压状态



■ 2. 建筑工程中螺旋箍轴压构件承载力

➤ 混凝土三向受压时的强度:

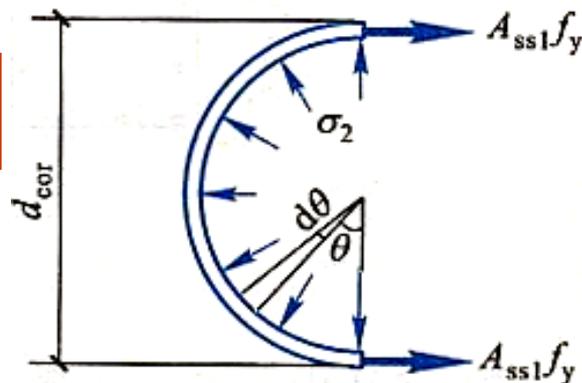
$$f_{c1} = f_c + 4\sigma_2 \quad \dots 3-5$$

当螺旋筋屈服时, σ_2 可由隔离体平衡条件求得:

$$2f_y A_{ss1} = 2 \int_0^{\pi/2} \sigma_2 \sin\theta \cdot d\theta \cdot \frac{d_{cor}}{2} \cdot s = \sigma_2 d_{cor} s$$

$$2f_y A_{ss1} = \sigma_2 \cdot s \cdot d_{cor} \Rightarrow \sigma_2 = \frac{2f_y A_{ss1}}{s \cdot d_{cor}}$$

3-6



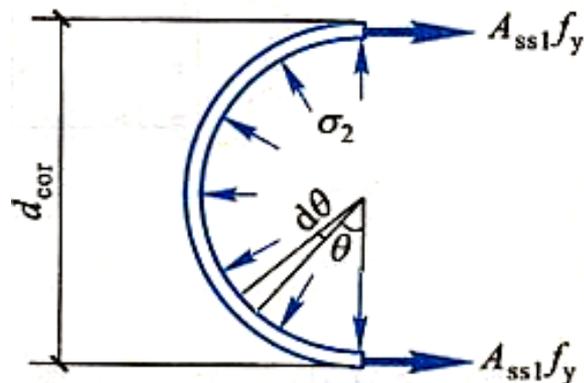
螺旋箍筋或焊接
环筋受力情况

■ 2. 建筑工程中螺旋箍轴压构件承载力

$$f_{c1} = f_c + 4\sigma_2 \quad \dots 3-5$$

$$\sigma_2 = \frac{2f_y A_{ss1}}{s \cdot d_{cor}} \quad \dots 3-6$$

$$f_{c1} = f_c + \frac{8f_y A_{ss1}}{s d_{cor}} \quad \dots 3-7$$



螺旋箍筋或焊接
环筋受力情况

■ 2. 建筑工程中螺旋箍轴压构件承载力

根据轴向力平衡条件可得：

达到极限状态时（保护层已剥落，不考虑）

$$N \leq f_{c1} A_{\text{cor}} + f'_y A'_s$$

$$f_{c1} = f_c + \frac{8f_y A_{ss1}}{sd_{\text{cor}}}$$

$$= f_c A_{\text{cor}} + \frac{8f_y A_{ss1}}{sd_{\text{cor}}} A_{\text{cor}} + f'_y A'_s$$

$$= f_c A_{\text{cor}} + f'_y A'_s + 2f_y A_{\text{ss0}}$$

...3-9



$$N \leq f_c A_{\text{cor}} + f'_y A'_s + 2f_y A_{\text{ss0}}$$

间接钢筋的换算面积

$$A_{\text{ss0}} = \frac{\pi d_{\text{cor}} A_{\text{ss1}}}{s}$$

■ 2. 建筑工程中螺旋箍轴压构件承载力

➤ 规范从提高安全度考虑，采用下式设计

$$N \leq 0.9(f_c A_{\text{cor}} + f'_y A'_s + 2\alpha f_y A_{\text{ss0}}) \quad \dots 3-10$$

f_y —— 间接钢筋的强度；

A_{cor} —— 构件的核心截面面积；

A_{ss0} —— 间接钢筋的换算面积， $A_{\text{ss0}} = \frac{\pi d_{\text{cor}} A_{\text{ss1}}}{S}$ ；

A_{ss1} —— 单根间接钢筋的截面面积；

S —— 间接钢筋的间距；

α —— 间接钢筋对混凝土约束的折减系数，

$\alpha = 1.0 \sim 0.85$ ；

■ 2. 建筑工程中螺旋箍轴压构件承载力

■ 公式的适用条件

❖ $l_0/d \leq 12$ ；对长细比 l_0/d 大于12的柱不考虑螺旋箍筋的约束作用。

❖ 按式（3-10）算得的承载力应大于按式（3-3）算得的承载力，但不应超过其1.5倍；

$$N \leq 0.9(f_c A_{\text{cor}} + f'_y A'_s + 2\alpha f_y A_{\text{ss0}}) \leq N \leq 0.9\varphi(f'_y A'_s + f_c A)$$

❖ 间接钢筋的换算截面面积 A_{ss0} 应大于纵向钢筋全部截面面积的25%。

$$A_{\text{ss0}} \geq 0.25 A'_s$$

■ 3.桥涵工程中配有螺旋箍筋轴压柱承载力

$$\gamma_0 N \leq 0.9(f_{cd} A_{cor} + f'_s A'_s + k f_{sd} A_{so}) \quad \dots 3-12$$

A_{so} —— 间接钢筋的换算截面面积；

k —— 间接钢筋影响系数。

混凝土 强度	≤C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
k	2.0	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.70

■ 4.构造要求

间接钢筋： $d \geq d_{纵} / 4$ ，且 $d \geq 6\text{mm}$ ；
 $40 \leq s \leq 80\text{mm}$ ，且 $s \leq d_{cor} / 5$ 。

例题讲解

- [例题3-3]
- [例题3-4]

例题讲解

- [例题3-3]** 某多层框架结构，底层门厅柱为圆形截面，直径 $d=500\text{mm}$ ，按轴心受压柱设计。轴力设计值 $N=3900\text{kN}$ ，计算长度为 $l_0=6\text{m}$ 。混凝土C30，纵筋采用HRB400，螺旋箍筋采用HRB335。试求柱配筋。

解题思路

如何求解？

基本公式：
$$N \leq 0.9(f_c A_{\text{cor}} + f_y A'_s + 2\alpha f_y A_{\text{ss0}})$$

$A'_s = ?$

$A_{\text{ss0}} = ?$

解题方法

方法一：取定 $A'_s \rightarrow A_{\text{ss0}} \rightarrow A_{\text{ss1}}, s$

方法二：取定 $A_{\text{ss1}}, s \rightarrow A_{\text{ss0}} \rightarrow A'_s$

■ 关于[例题3-3]的补充说明:



■ [例题3-3]: 如果按普通箍筋柱设计

$$A'_s = \frac{N - 0.9\varphi f_c A}{0.9\varphi f'_y}$$

$$= \frac{3900 \times 10^3 - 0.9 \times 0.92 \times 14.3 \times 3.14 / 4 \times 500^2}{0.9 \times 0.92 \times 360} = 5288 \text{mm}^2$$

$$\rho' = \frac{5288}{\frac{3.14}{4} \times 500^2} = 2.7\%$$

可按普通箍筋柱设计

例题讲解

- [例题3-4] 某桥下，底层现浇钢筋混凝土轴心受压柱，底端固定，上端铰支，柱高6.5m，承受轴向压力设计值 $N=828\text{kN}$ ，采用C20混凝土和R235钢筋。试设计该轴心受压柱。

解题思路

基本公式: $\gamma_0 N_d \leq 0.9 \phi (f_{cd} A + f'_{sd} A'_s)$



$\phi = ?$

$A = ?$

$A'_s = ?$

求

先确定A

方法一
假定 ρ' 、 $\phi \rightarrow A \rightarrow b=h$

方法二
假定 $l_0/b=15$ 左右 $\rightarrow b \rightarrow A, \phi$

作业

■ P65

- 3-1
- 3-2
- 3-3

