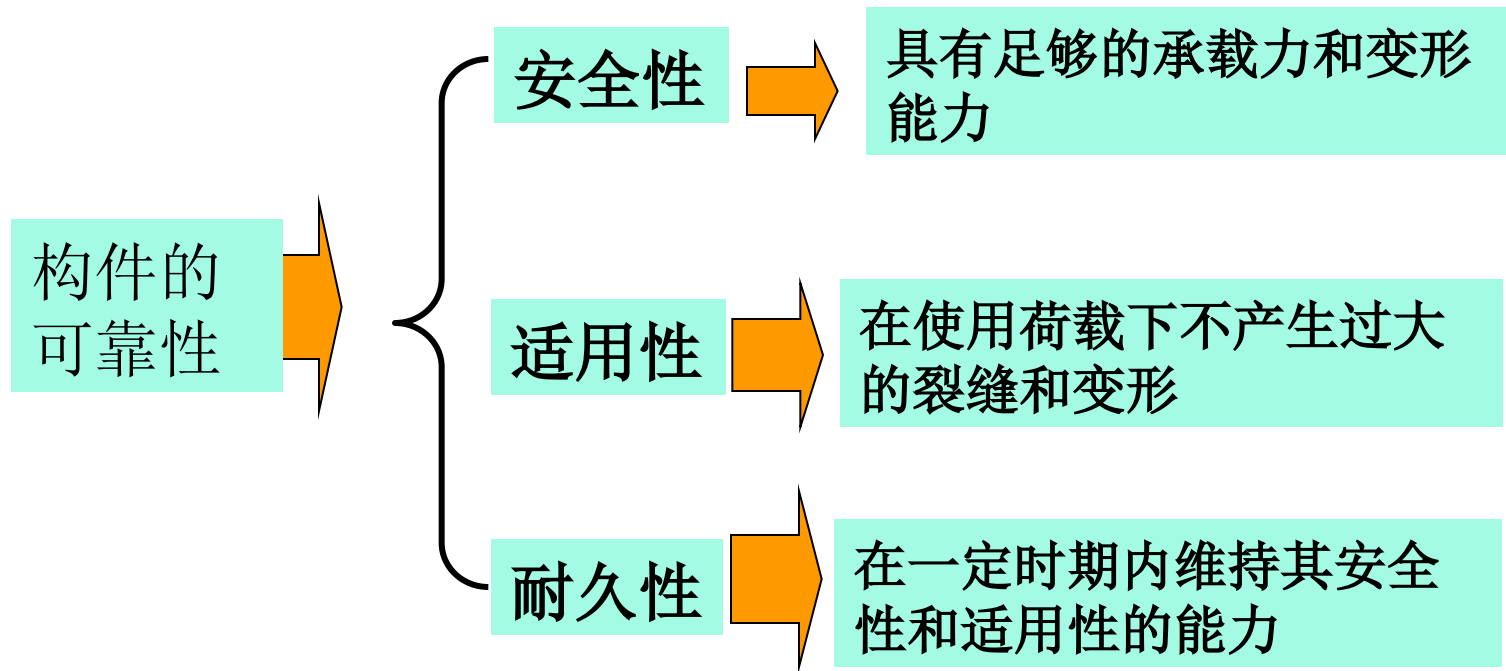


7 正常使用极限状态

教学目标

- (1) 掌握混凝土构件开裂后的受力特点和裂缝特征；
- (2) 熟悉影响混凝土构件裂缝宽度和受弯构件挠度的主要因素；
- (3) 理解正常使用极限状态与承载能力极限状态的差别。

钢筋混凝土构件在各种不同受力状态下的承载力计算，目的是保证结构构件的安全性。根据结构构件的适用性和耐久性要求，还需要对某些构件进行裂缝宽度和变形验算，以满足正常使用极限状态的要求。

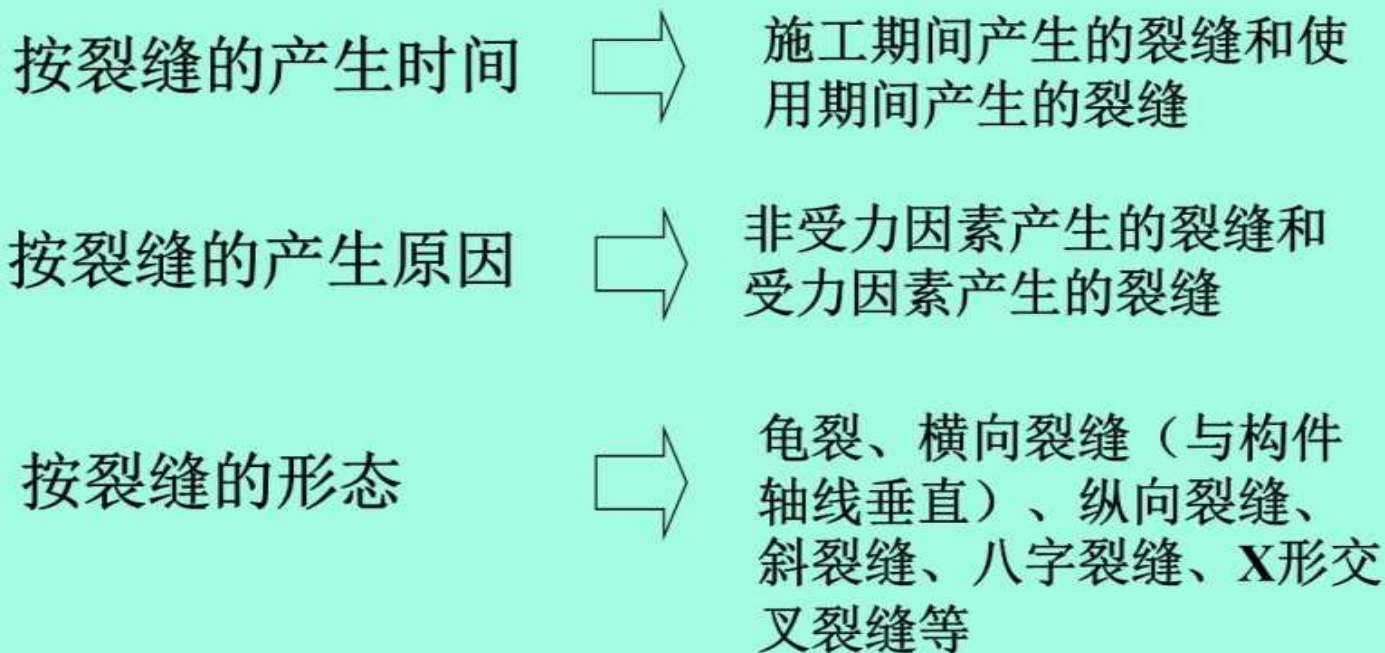


◎安全性是第一位的,任何结构构件都应进行承载力计算;计算时采用内力设计值、材料强度设计值等计算指标

◎适用性、耐久性要求属正常使用范畴,可靠度要求可低些,并采用验算方法。验算时采用荷载标准值(对预应力混凝土构件)、荷载准永久值(对钢筋混凝土构件)、材料强度标准值等计算指标

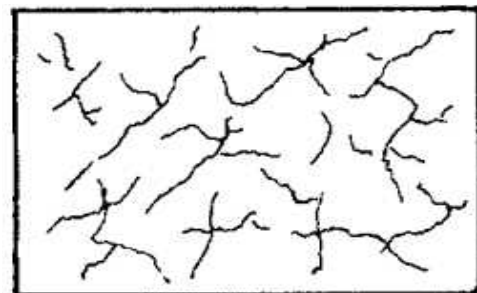
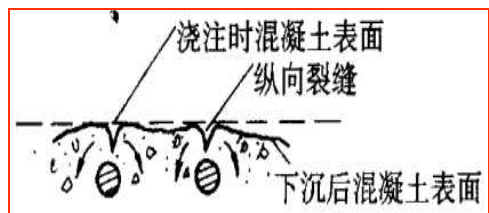
7.1 裂缝宽度验算

★产生裂缝的根本原因是混凝土的抗拉强度太低。

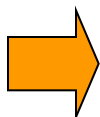


◎裂缝成因

- ◎施工期间的裂缝

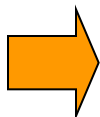


塑性裂缝



固体下沉，表面泌水而引起的。
大风、高温使水分从混凝土表面快速蒸发引起的（龟裂）。

温度裂缝



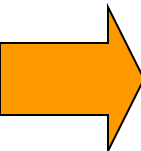
大体积混凝土中由于混凝土水化作用产生的水化热使内外混凝土产生温度差。

约束收缩裂缝



混凝土的收缩受到约束后产生的裂缝

施工中的受力裂缝



因施工程序不当而造成的受力裂缝

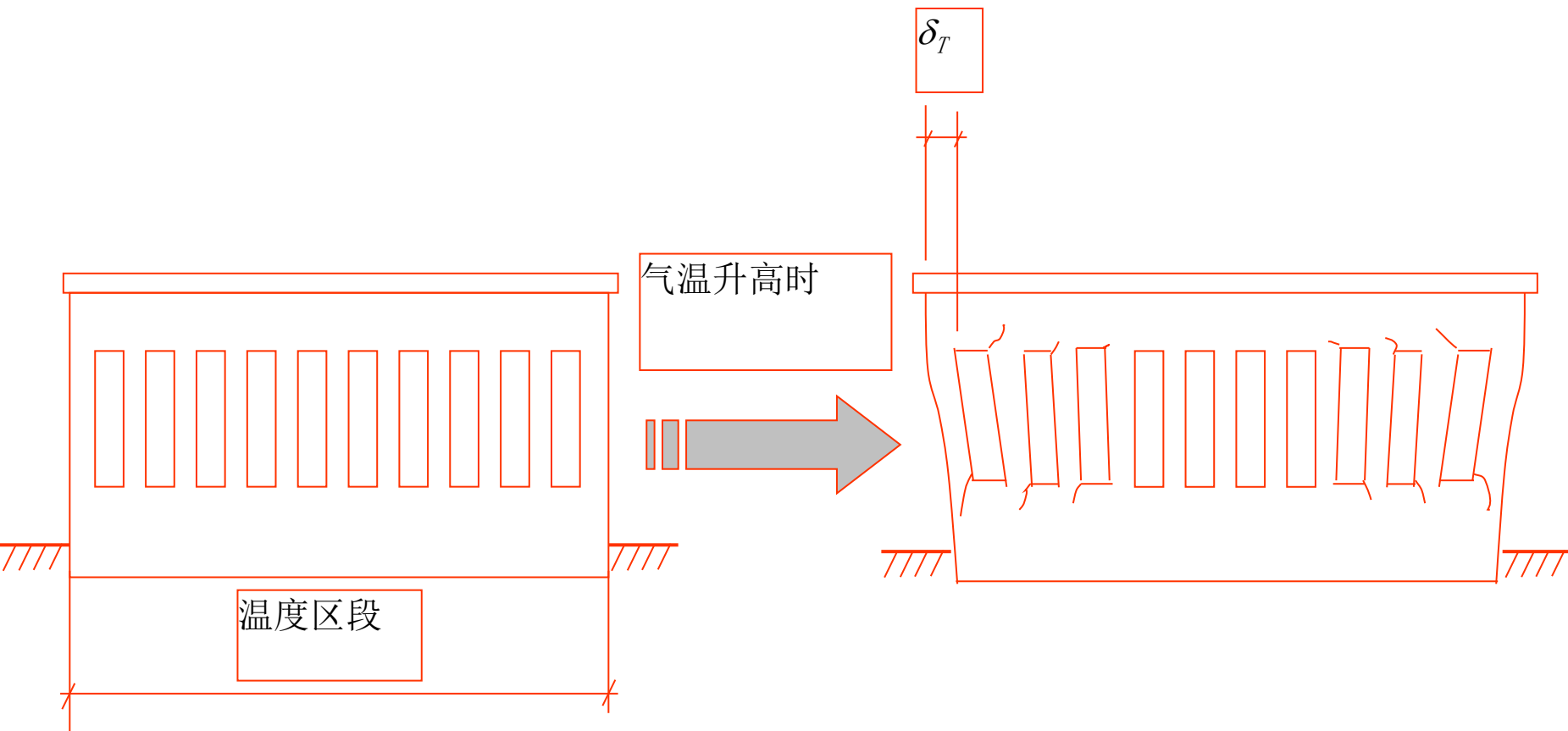
◎使用期间的裂缝----

◎钢筋锈蚀引起的裂缝

钢筋锈蚀物体积增大，
导致沿钢筋长度方向
的锈蚀裂缝



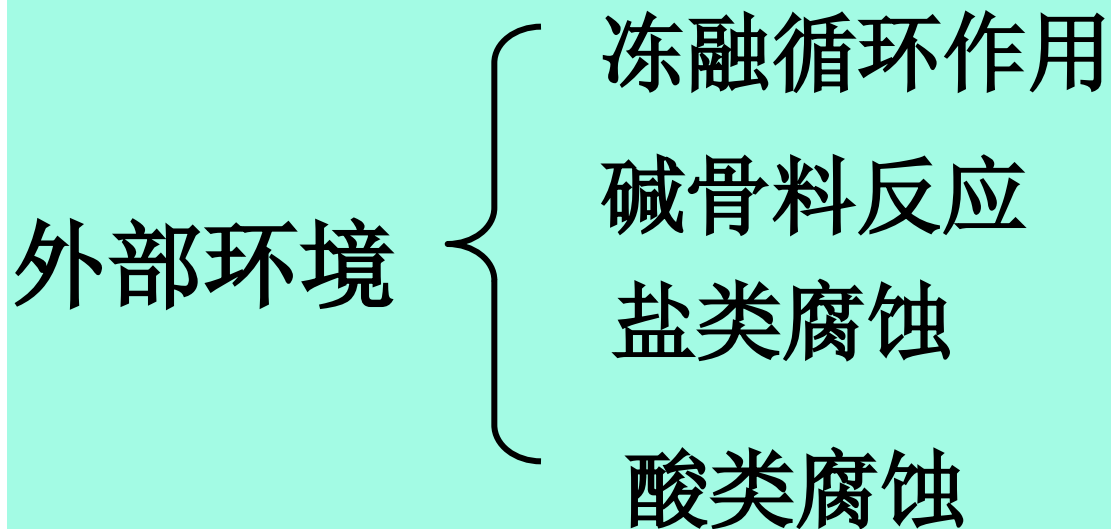
◎.温度（气温）变化引起的裂缝



◎地基不均匀沉降引起的裂缝



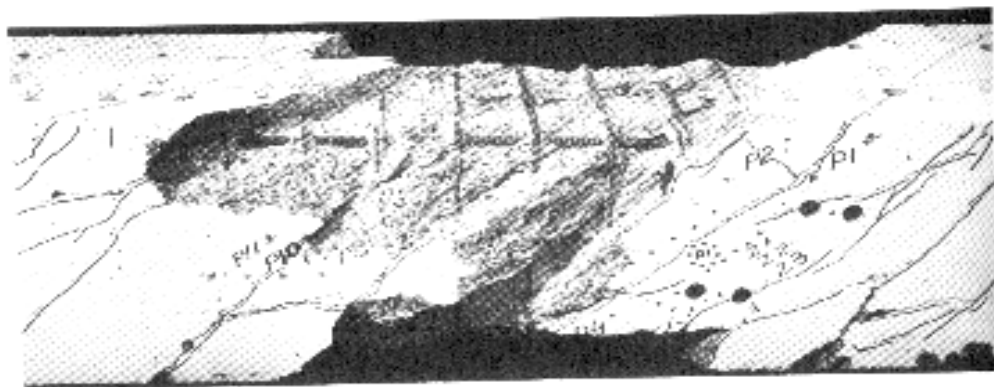
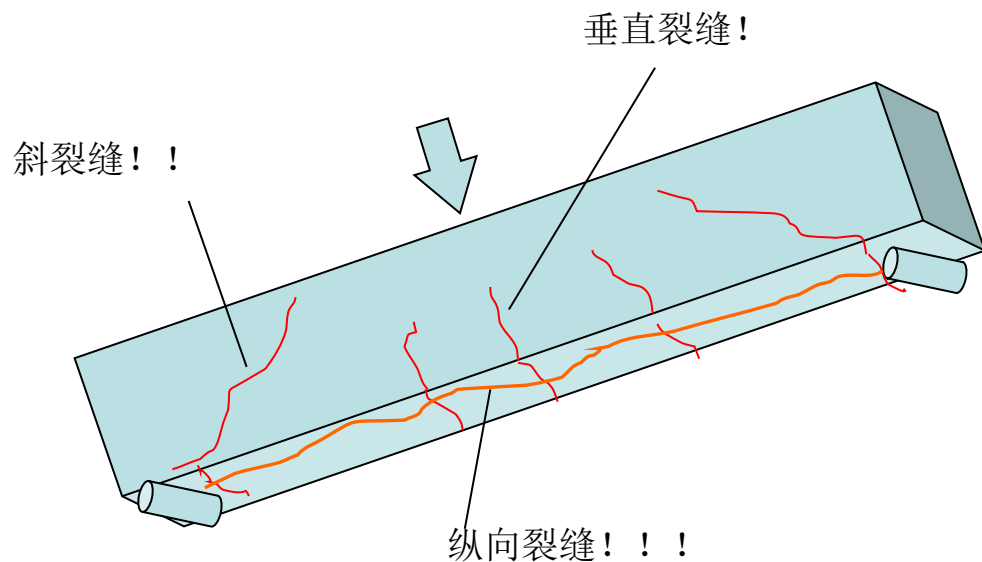
◎外部环境引起的裂缝



◎荷载引起的裂缝

拉、弯、剪、扭、
粘结等引起的裂缝

目前，只有在拉、
弯状态下混凝土横
向裂缝宽度的计算
理论比较成熟。这
也是本章所要介绍
的主要内容



7.1.1 荷载裂缝的产生、分布和开展

以轴心受拉构件为例说明

1. 裂缝产生

当构件截面主拉应力达到混凝土抗拉强度、拉应变达到极限拉应变时，在构件最弱截面出现第一条(批)裂缝；

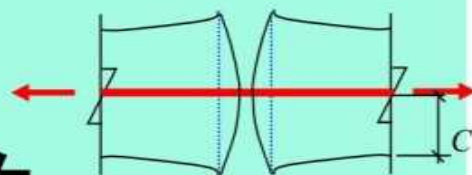
由于混凝土的非匀质性，第第一条(批)裂缝的位置具有随机性；

2. 裂缝宽度

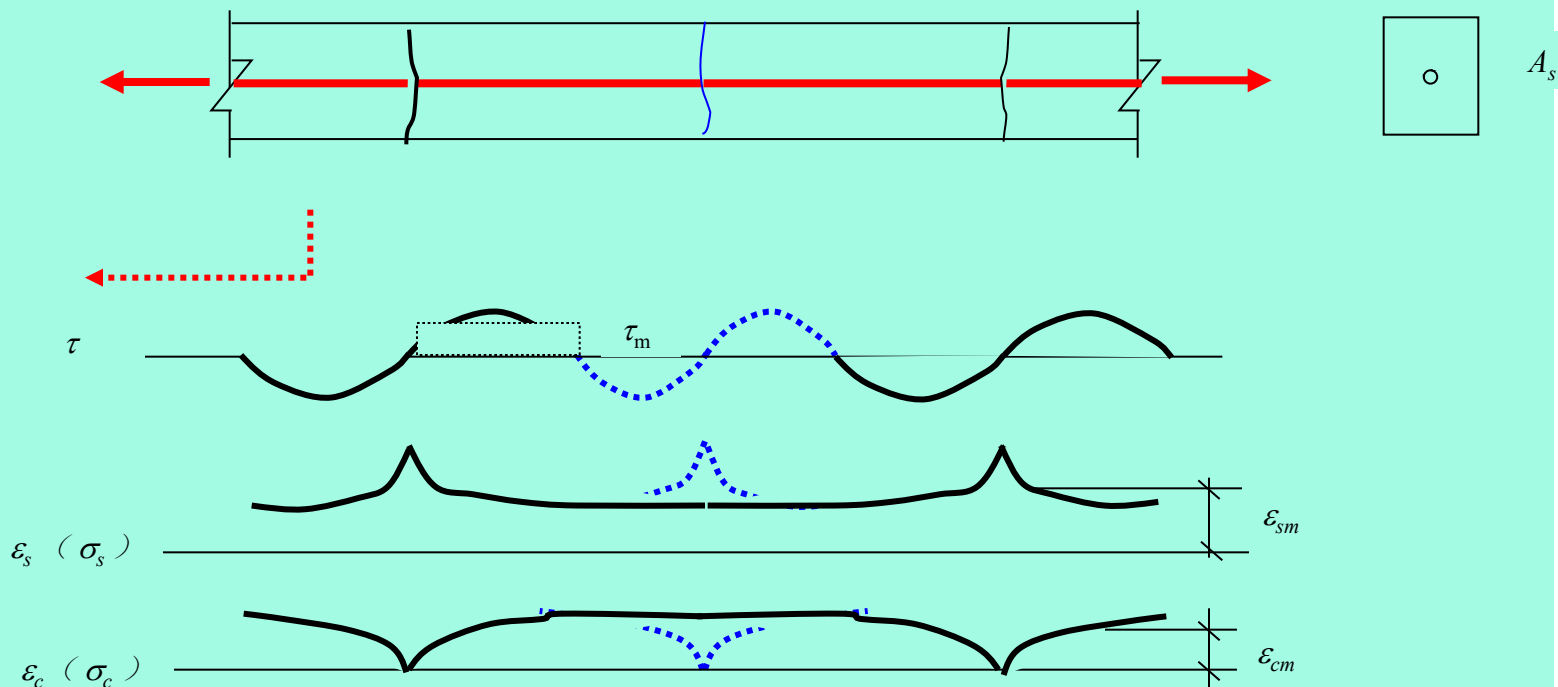
◎开裂后，裂缝处混凝土退出工作，钢筋和混凝土之间发生滑移，混凝土回缩至图中虚线的位置，故裂缝有一定宽度；

裂缝宽度=裂缝间钢筋和
混凝土之间变形差值

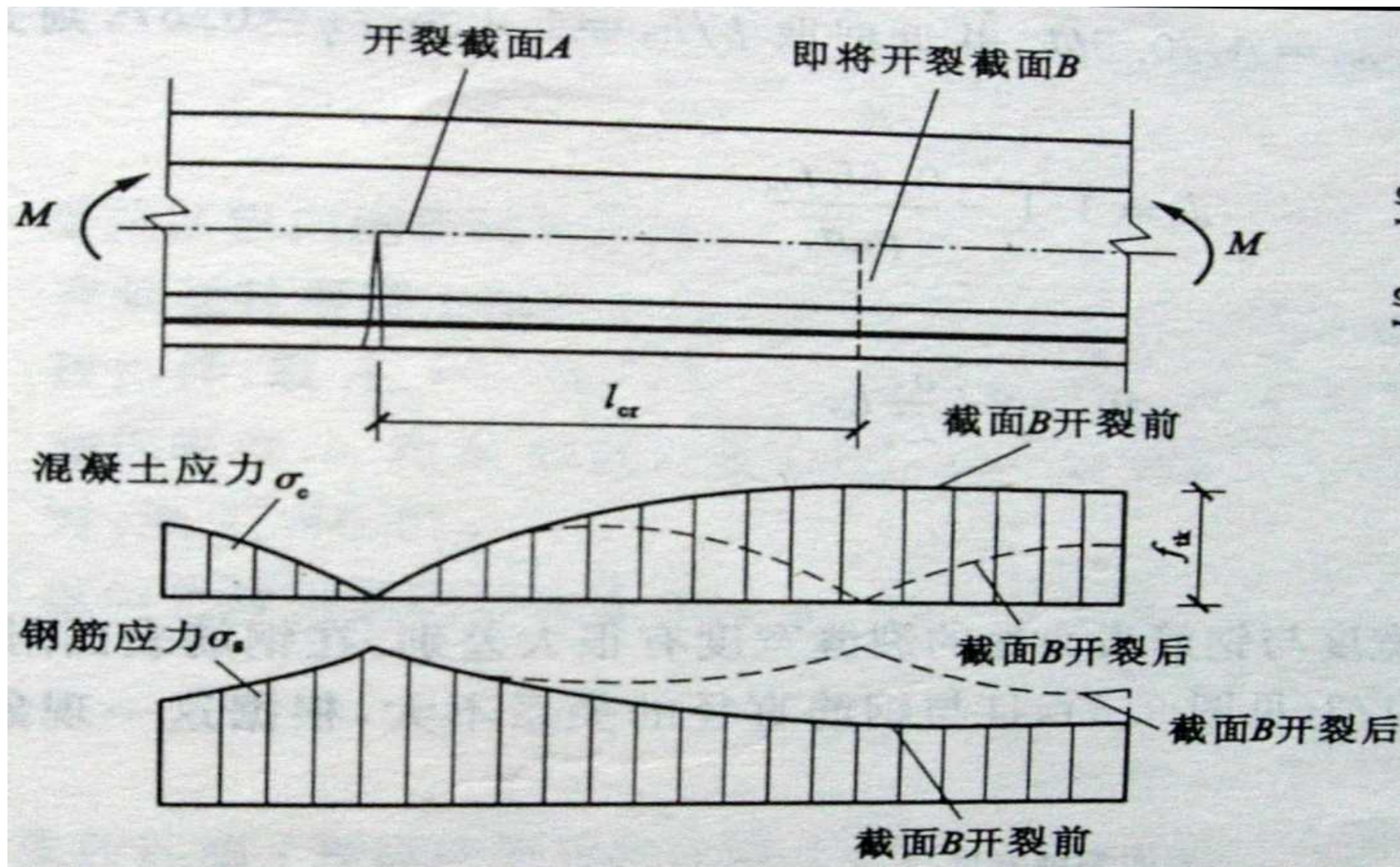
这是粘结滑移理论的基本内容。



- ◎ 裂缝处混凝土退出工作,裂缝间钢筋与混凝土共同受拉,混凝土的拉应力是通过钢筋和混凝土之间的粘结获得的;
- ◎ 裂缝数量增加至一定数量时不再增加,裂缝的间距趋于稳定,但宽度不断增加;



在受弯构件的纯弯段,出现第1条裂缝后沿构件长度的钢筋和混凝土的拉应力分布如图



7.1.2 裂缝宽度验算

1. 平均裂缝间距 l_{cr}

裂缝的分布规律与混凝土和钢筋之间的粘结力密切相关。粘结力越高，则裂缝截面处突然增加的钢筋拉力将通过较短长度由粘结应力传递给混凝土，裂缝间距较小。故在钢筋面积不变时，选用直径较细的钢筋和带肋钢筋可以减少裂缝间距。

裂缝间距也与混凝土受拉面积的大小有关:混凝土受拉面积大,末开裂前混凝土承受的拉力也大;一旦开裂,裂缝截面处钢筋突然增加的拉力也大,就需要较长的距离才能将此拉力传递给混凝土,使裂缝间距变大;反之,混凝土受拉面积小时,则使裂缝间距变小。

裂缝间距与混凝土的保护层厚度 c 有关。随着保护层厚度的增大，由于应变梯度的影响，外表混凝土比靠近钢筋的内部混凝土所受的约束要小，裂缝宽度较大。

《混凝土结构设计规范》（GB50010）所采用的方法 (半理论半经验的方法)

$$l_{cr} = \beta(1.9c + 0.08 \frac{d_{eq}}{\rho_{te}})$$

$d_{eq} = \frac{\sum n_i d_i^2}{\sum n_i \nu_i d_i}$

光圆，取0.7；
变形，取1.0

d_{eq} —— 钢筋等效直径
(当纵筋型号相同，
且为带肋钢筋，则 $d_{eq}=d$)

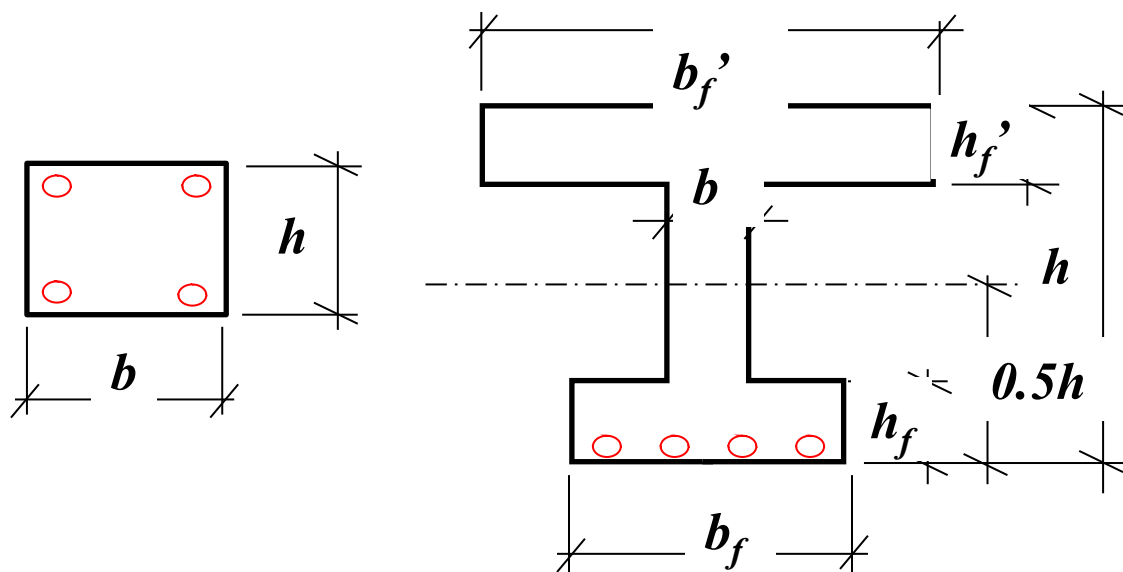
受弯 $\beta=1.0$;
轴拉 $\beta=1.1$
偏拉 $\beta=1.05$

$\rho_{te} < 0.01$ 时，取 $\rho_{te}=0.01$

$c < 20\text{mm}$ 时，取 $c=20\text{mm}$;
 $c > 65\text{mm}$ 时，取 $c=65\text{mm}$

截面的有效配筋率 ρ_{te}

$$\rho_{te} = \frac{A_s}{A_{te}} \text{——混凝土有效受拉截面积,}$$

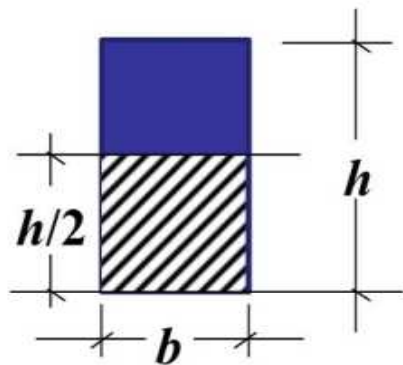


轴拉构件: $A_{te} = bh$

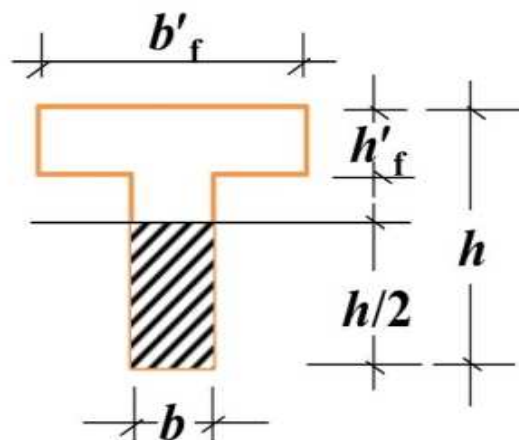
受弯构件: $A_{te} = 0.5bh + (b_f - b)h_f$



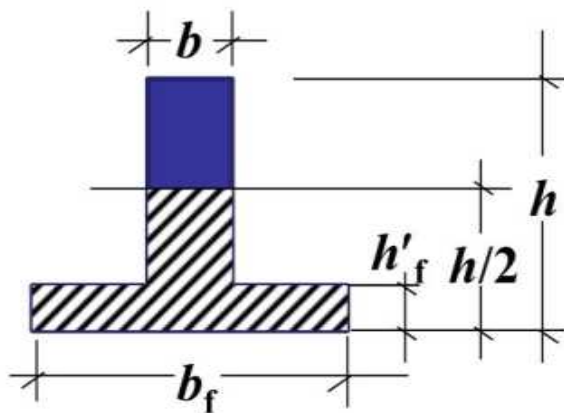
受弯构件：



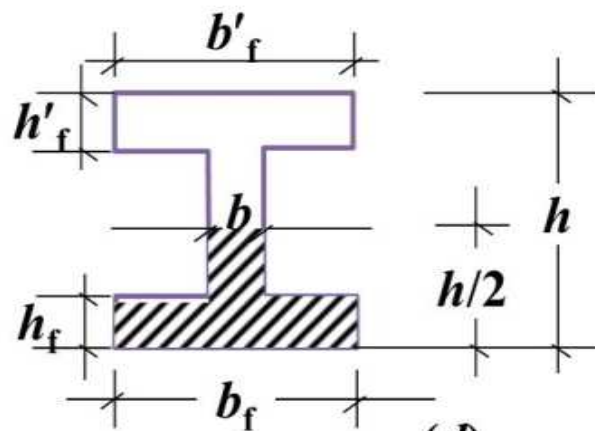
(a)



(b)



(c)

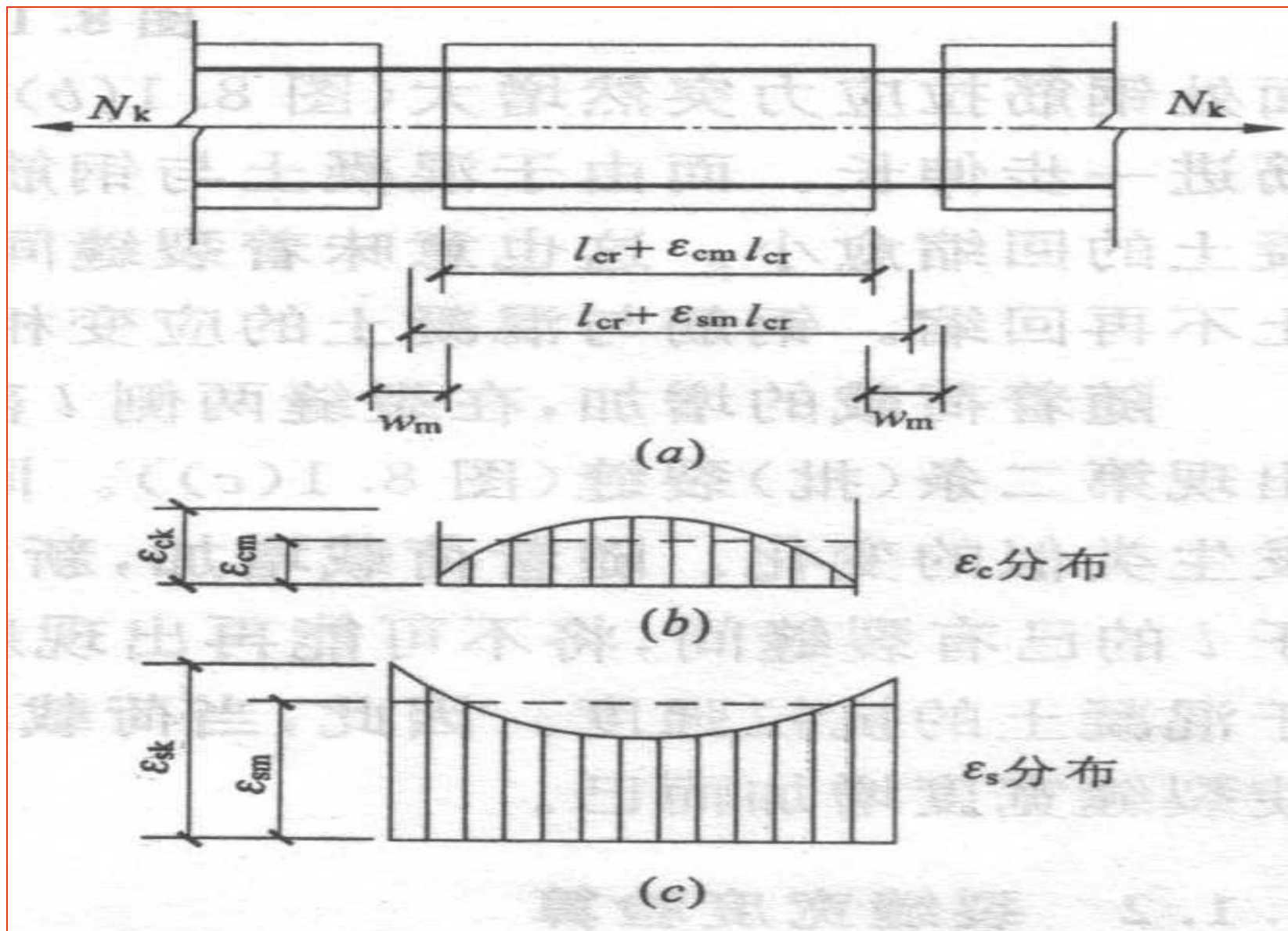


(d)

2)平均裂缝宽度

等于一个间距内的钢筋变形与混凝土变形之差

$$\begin{aligned}w_m &= \int (\epsilon_s - \epsilon_c) dl \\ &= (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) l_{cr}\end{aligned}$$



将曲线应变分布简化为竖向坐标为平均应变 ε_{sm} 和 ε_{cm} 的直线分布，于是

$$\omega_m = (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) l_{cr} = \left(1 - \frac{\varepsilon_{cm}}{\varepsilon_{sm}} \right) \varepsilon_{sm} \cdot l_{cr} = \alpha_c \frac{\sigma_{sm}}{E_s} l_{cr}$$

令 $\sigma_{sm} = \psi \sigma_{sq}$

$$w_m = \alpha_c \psi \frac{\sigma_{sq}}{E_s} l_{cr}$$

α_c —— 0.85

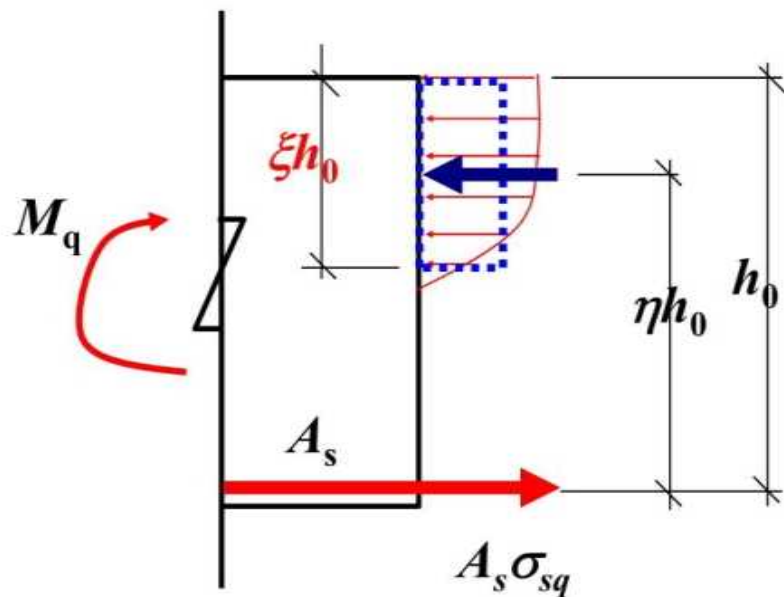
裂缝间纵向受拉钢筋
应变不均匀系数

按荷载准永久组合计算的裂缝截面处纵向受拉钢筋应力 σ_{sq}

裂缝截面处的钢筋应力 σ_{sq} :

受弯构件:

$$\sigma_{sq} = \frac{M_q}{0.87h_0A_s}$$



式中: M_q ——按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值。

钢筋应力的不均匀系数 ψ

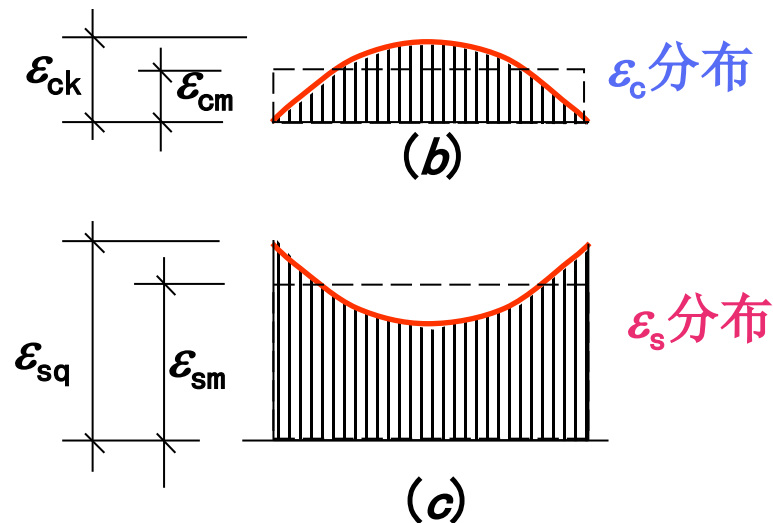
反映裂缝间受拉混凝土对纵向受拉钢筋应变的影响程度。k-q

$$\psi = \frac{\sigma_{sm}}{\sigma_{sq}} = 1.1 - \frac{0.65 f_{tk}}{\rho_{te} \sigma_{sq}}$$

当 $\psi < 0.2$ 时，取 $\psi = 0.2$ ；

当 $\psi > 1.0$ 时，取 $\psi = 1.0$ ；

直接承受重复荷载 $\psi = 1.0$



3)裂缝的最大宽度

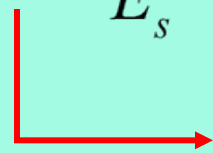
由裂缝的统计特性，按95%的保证率

$$w_{\max} = 1.66w_m, \quad (\text{弯, 正态分布})$$

$$w_{\max} = 1.9w_m, \quad (\text{轴拉, 偏态分布})$$

考虑到长期荷载下，混凝土徐变影响导致裂缝继续扩大，取扩大系数为**1.5**

$$w_{\max} = \alpha_{cr} \psi \frac{\sigma_{sq}}{E_s} (1.9c + 0.08 \frac{d_{eq}}{\rho_{te}})$$



$$\begin{cases} \text{轴拉: } \alpha_{cr} = 1.5 \times 1.9 \times 0.85 \times 1.1 = 2.7 \\ \text{受弯: } \alpha_{cr} = 1.5 \times 1.66 \times 0.85 \times 1.0 = 2.1 \end{cases}$$

7.1.3 减小裂缝宽度的主要措施

裂缝的控制等级

- 一级 严格要求不出现裂缝
- 二级 一般要求不出现裂缝
- 三级 可以出现裂缝但要验算裂缝的宽度

$$w_{\max} \leq w_{\lim}$$

由《规范》根据具体的情况确定

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/777163060022006134>