

# 建筑结构

## 混凝土基本构件





任 务

截面弯曲刚度的概念



## »»» 一、截面弯曲刚度的概念

材料力学中，弹性匀质材料的简支梁跨中挠度为：

$$\text{跨中一个集中荷载: } f = \frac{1}{48} \frac{Pl^3}{EI} = \frac{1}{12} \frac{Ml^2}{EI}$$

$$\text{均布荷载: } f = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI} = \frac{5}{48} \frac{Ml^2}{EI}$$

$$f = S \frac{M}{EI} l^2$$

式中  $S$  ——与荷载类型和支承条件有关的系数；

$EI$  ——梁截面的抗弯刚度。

由于是匀质弹性材料，所以当梁截面的尺寸确定后，其抗弯刚度即可确定且为常量，挠度 $f$ 与 $M$ 成线性关系。



## 二、截面弯曲刚度的影响因素

对钢筋混凝土构件，由于材料的非弹性性质和受拉区裂缝的开展，梁的抗弯刚度不是常数而是变化的，其主要特点如下：

- ①随荷载的增加而减少，即 $M$ 越大，抗弯刚度越小。验算变形时，截面抗弯刚度选择在曲线第II阶段（带裂缝工作阶段）确定；
- ②随配筋率 $\rho$ 的降低而减少。对于截面尺寸和材料都相同的适筋梁， $\rho$ 小，变形大些；截面抗弯刚度小些；
- ③沿构件跨度，弯矩在变化，截面刚度也在变化，即使在纯弯段刚度也不尽相同，裂缝截面处的小些，裂缝间截面的大些；
- ④随加载时间的增长而减小。构件在长期荷载作用下，变形会加大，在变形验算中，除了要考虑短期效应组合，还应考虑荷载的长期效应的影响，故有长期刚度 $B_l$ 和短期刚度 $B_s$ 。

# 建筑结构

## 混凝土基本构件



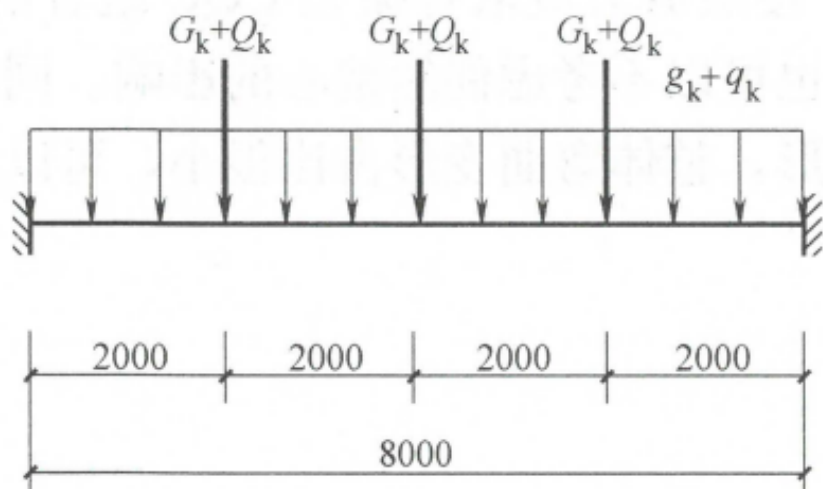


任 务

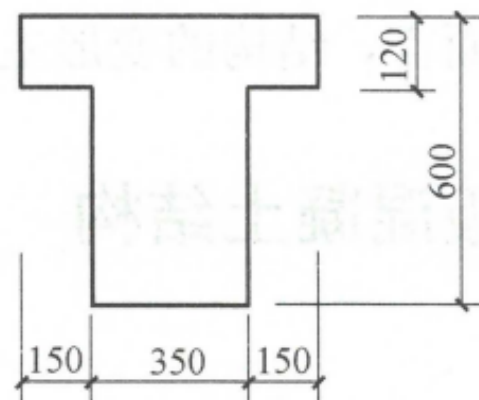
裂缝宽度  
计算例题



某民用建筑普通房屋中的钢筋混凝土 T 形截面独立梁，安全等级为二级，荷载简图及截面尺寸如图 6-9 (Z) 所示。梁上作用有均布永久荷载标准值  $g_k$ 、均布可变荷载标准值  $q_k$ 、集中永久荷载标准值  $G_k$ 、集中可变荷载标准值  $Q_k$ 。混凝土强度等级为 C30，梁纵向钢筋采用 HRB400，箍筋采用 HPB300。纵向受力钢筋的保护层厚度  $c_s = 30\text{mm}$ ， $a_s = 70\text{mm}$ ， $a'_s = 40\text{mm}$ ， $\xi_b = 0.518$ 。



(a)



(b)

图 6-9 (Z)



假定，该梁支座截面纵向受拉钢筋配置为  $8 \Phi 25$ ，按荷载准永久组合计算的梁纵向受拉钢筋的应力  $\sigma_s = 220 \text{ N/mm}^2$ 。试问，该梁支座处按荷载准永久组合并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度  $w_{\max}$  (mm)，与下列何项数值最为接近？

(A) 0.21

(B) 0.24

(C) 0.27

(D) 0.30





**【答案】 (B)**

根据《混规》第 7.1.2 条,

$$A_{te} = 0.5bh + (b_f - b)h_f = 0.5 \times 350 \times 600 + (650 - 350) \times 120 = 141000 \text{mm}^2$$

$$\rho_{te} = \frac{A_s}{A_{te}} = \frac{3927}{141000} = 0.0279 > 0.01$$

$$\psi = 1.1 - 0.65 \frac{f_{tk}}{\rho_{te} \sigma_s} = 1.1 - 0.65 \times \frac{2.01}{0.0279 \times 220} = 0.887$$

$$\begin{aligned} w_{\max} &= \alpha_{cr} \psi \frac{\sigma_s}{E_s} \left( 1.9c_s + 0.08 \frac{d_{eq}}{\rho_{te}} \right) \\ &= 1.9 \times 0.887 \times \frac{220}{2.0 \times 10^5} \times \left( 1.9 \times 30 + 0.08 \times \frac{25}{0.0279} \right) = 0.24 \text{mm} \end{aligned}$$

# 建筑结构

## 混凝土基本构件

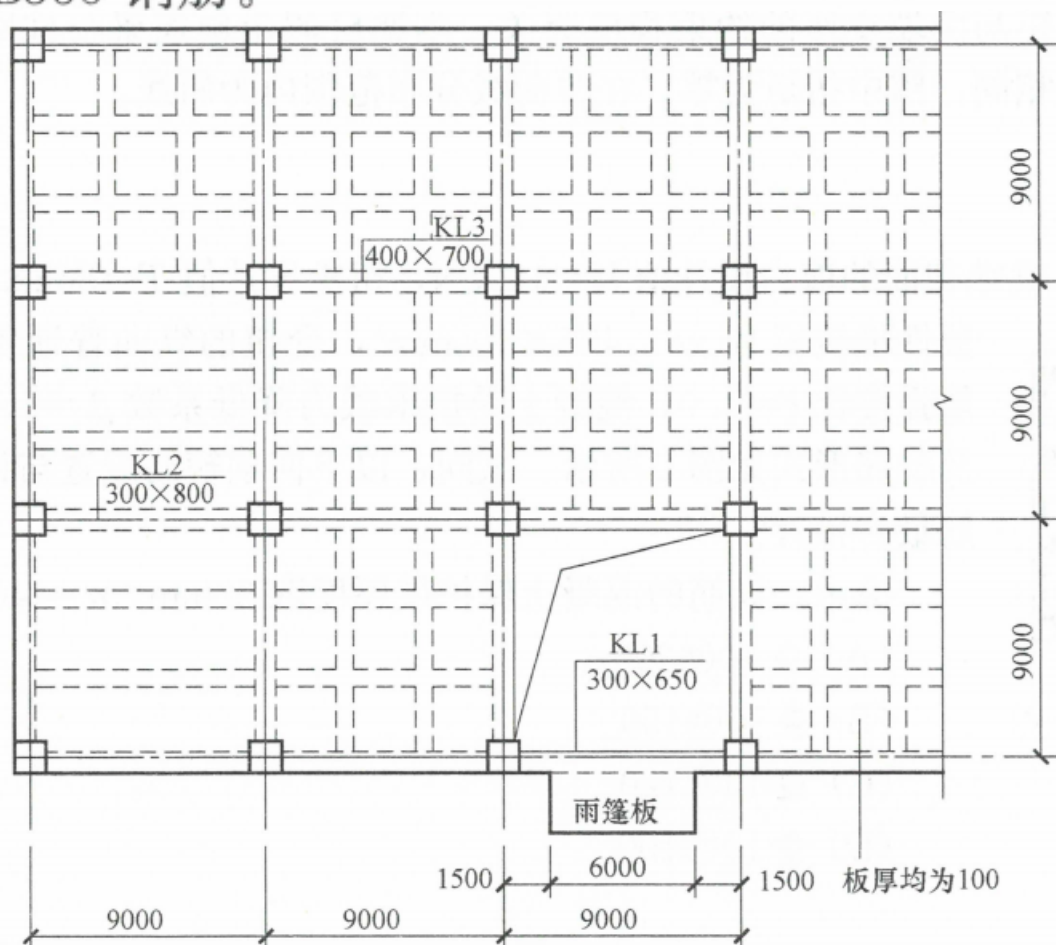




任 务  
挠度计算例题



某钢筋混凝土框架结构多层办公楼局部平面布置如图 1-6 (Z) 所示 (均为办公室), 梁、板、柱混凝土强度等级均为 C30, 梁、柱纵向钢筋为 HRB400 钢筋, 楼板纵向钢筋及梁、柱箍筋为 HRB335 钢筋。





假设，框架梁 KL2 的左、右端截面考虑荷载长期作用影响的刚度  $B_A$ 、 $B_B$  分别为  $9.0 \times 10^{13} \text{ N} \cdot \text{mm}^2$ 、 $6.0 \times 10^{13} \text{ N} \cdot \text{mm}^2$ ；跨中最大弯矩处纵向受拉钢筋应变不均匀系数  $\psi=0.8$ ，梁底配置 4  $\Phi 25$  纵向钢筋。作用在梁上的均布静荷载、均布活荷载标准值分别为  $30 \text{ kN/m}$ 、 $15 \text{ kN/m}$ 。试问，按规范提供的简化方法，该梁考虑荷载长期作用影响的挠度  $f$  (mm) 与下列何项数值最为接近？

提示：① 按矩形截面梁计算，不考虑受压钢筋的作用， $a_s=45 \text{ mm}$ ；

② 梁挠度近似按公式  $f=0.00542 \frac{ql^4}{B}$  计算；

③ 不考虑梁起拱的影响。

(A) 17

(B) 21

(C) 25

(D) 30



根据《混规》第 7.2.3 条，

$$B_s = \frac{E_s A_s h_0^2}{1.15\psi + 0.2 + \frac{6\alpha_E \rho}{1 + 3.5\gamma_f}}$$

$$\alpha_E = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2.0 \times 10^5}{3.0 \times 10^4} = 6.667, \quad \rho = \frac{1964}{300 \times 755} \times 100\% = 0.867\%, \quad \gamma_f = 0$$

$$B_s = \frac{2.0 \times 10^5 \times 1964 \times 755^2}{1.15 \times 0.8 + 0.2 + \frac{6 \times 6.667 \times 0.00867}{1 + 3.5 \times 0}} = 1.526 \times 10^{14} \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$B = \frac{B_s}{\theta} = \frac{1.526 \times 10^{14}}{2} = 7.63 \times 10^{13} \text{ N} \cdot \text{mm}^2 \quad (\text{见《混规》第 7.2.2 条、7.2.5 条})$$

$B$  不大于  $B_A$ 、 $B_B$  的两倍，不小于  $B_A$ 、 $B_B$  的  $1/2$ ，根据《混规》第 7.2.1 条，可按刚度为  $B$  的等截面梁进行挠度计算。



$$f = 0.00542 \times \frac{(30 + 0.4 \times 15) \times 9000^4}{7.63 \times 10^{13}} = 16.8 \text{mm}$$

**【答案】 (A)**

# 建筑结构

## 混凝土基本构件







# 任务

受弯构件变形验算



## 一、短期刚度 $B_s$

短期刚度是指钢筋混凝土受弯构件在荷载短期效应组合下的刚度值（以 $\text{N}\cdot\text{mm}^2$ 计）。对矩形、T形、工字形截面受弯构件，短期刚度的计算公式为：

$$B_s = \frac{E_s A_s h_0^2}{1.15\psi + 0.2 + \frac{6\alpha_E \rho}{1 + 3.5\gamma_f'}}$$

式中  $\gamma_f'$  ——受压翼缘的加强系数；

$$\gamma_f' = \frac{(b_f' - b)h_f'}{bh_0}$$

当 $h_f' > 0.2h_0$ 时，取 $h_f' = 0.2h_0$

$\alpha_E$  ——钢筋的弹性模量 $E_s$ 和混凝土弹性模量 $E_c$ 的比值；

$\rho$  ——纵向受拉钢筋的配筋率， $\rho = \frac{A_s}{bh_0}$ ；



## 一、短期刚度 $B_s$

$\psi$  —— 钢筋应变不均匀系数；

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

$\psi < 0.2$  时，取 0.2  
 $\psi > 1.0$  时，取 1.0

$$\rho_{te} = \frac{A_s}{A_{te}}$$

$A_{te}$ : 轴心受拉构件，取截面面积  
受弯、偏压、偏拉， $A_{te} = 0.5bh + (bf - b)hf$

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

$\sigma_{sk}$  —— 按荷载短期效应组合计算的裂缝截面处纵向受拉钢筋的应力，根据使用阶段（II 阶段）的应力状态及受力特征计算：

对受弯构件

$$\sigma_{sk} = \frac{M_s}{0.87 A_s h_0}$$

式中  $M_s$  —— 按荷载短期效应组合计算的弯矩值

## 二、长期刚度 $B_l$



长期刚度 $B_l$  是指考虑荷载长期效应组合时的刚度值。在荷载的长期作用下，由于受压区混凝土的徐变以及受拉区混凝土不断退出工作，即钢筋与混凝土间粘结滑移徐变、混凝土收缩，致使构件截面抗弯刚度降低，变形增大，故计算挠度时必须采用长期刚度 $B_l$ 。《规范》建议采用荷载长期效应组合挠度增大的影响系数 $\theta$ 来考虑荷载长期效应对刚度的影响。长期刚度按下式计算：

采用标准组合时：  
(预应力砼)



$$B_l = \frac{M_k}{M_q(\theta - 1) + M_k} B_s$$

采用准永久组合时：  
(钢筋砼)



$$B_l = \frac{B_s}{\theta}$$

式中  $M_q$ ——按荷载长期效应组合下计算的弯矩值，即按永久荷载标准值与可变荷载准永久值计算。

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/558033002115006055>