

第8章 结构抗力的统计分析

8.1 影响结构抗力的不定性

■ 关于结构抗力的一些概念

● 结构抗力的定义

∩ 抗力：抵抗结构荷载效应的能力

∩ 两种抗力：

承载力--- 抵抗荷载作用内力

刚度--- 抵抗荷载作用变形

8-2

8.1 影响结构抗力的不定性

● 结构抗力的层次

∩ 整体结构抗力

∩ 结构构件抗力

∩ 构件截面抗力

∩ 截面各点抗力

∩ 目前设计变形抗力要求主要针对整体结构和结构构件，而承载力抗力要求主要针对结构构件或构件截面(将两者统称为构件抗力)。

8-3

8.1 影响结构抗力的不定性

∩ 由于承载力抗力更重要，主要讨论承载力抗力的统计分析。

● 影响抗力的主要因素

∩ 材料性能的不定性 X_m

∩ 几何参数的不定性 X_a

∩ 计算模式的不定性 X_p

8-4

8.2 结构构件材料性能的不定性

■ 结构材料性能的不定性

∅ 产生原因：材料品质、制作工艺、环境条件等的差异。

∅ $X_m = f_c / (k_0 f_k)$

f_c ：材料性能实际值；

f_k ：规范规定值(标准值)；

k_0 ：反映实际值与实验值差异的系数。

8-5

8.2 结构构件材料性能的不定性

∅ X_m 为一随机变量，为便于统计，令

$$f_s: \text{材料性能实验值。} \\ X_m = \frac{f_c}{k_0 f_s f_k} = \frac{1}{k_0} X_0 X_f$$

$$m_{X_m} = \frac{1}{k_0} m_{X_0} m_{X_f}$$

$$d_{X_m} = \sqrt{d_{X_0}^2 + d_{X_f}^2}$$

$$s_{X_m} = m_{X_m} d_{X_m}$$

8-6

8.3 结构构件几何参数的不定性

Ø 分别对 X_0 、 X_i 进行统计，即可得到 X_m 的统计参数

■ 结构构件几何参数的不定性

Ø 产生原因：结构构件制作的不完全精确。

Ø 定义：

$$X_i = \frac{a}{a_k}$$

a ：几何参数的实际值（实测值）；

a_k ：几何参数的标准值（一般取设计值）。

Ø X_0 的统计参数为可通过实测统计得到

8-7

8.4 结构构件计算模式的不定性

■ 产生原因：计算假定、计算模型、计算简化等与实际不完全一致。

$$m_{X_A} = \frac{m_i}{a_k} \quad d_{X_A} = d_a$$

8-8

8.4 结构构件计算模式的不定性

Ø 定义：

R_0 ：结构的实际抗力（可取实验实测值或精确计算值）；

R_c ：按规范公式的抗力计算值。

Ø X_0 的统计参数为可直接统计得到

8-9

8.5 抗力的统计特征

■ 结构构件抗力的统计特征

● 结构构件抗力的统计特征

△

R_p ：由计算公式确定的结构构件抗力；
 $R_p = X_p R_c$ 的函数 ($a_1, f_{c2} a_2, \mathbf{L}, f_{cn} a_n$)

f_{ci} ：结构构件中的第 i 种材料的构件性能；
 a_i ：与第 i 种材料相应的结构构件几何参数。

8-10

8.5 抗力的统计特征

考虑材料性能和几何参数的不定性

可见，是随机变量 X_p 、 X_{mi} 、 X_{ai} 的函数。

$$R = X_p R_c(X_{m1} k_{01} f_{k1} \cdot X_{a1} a_{k1}, \mathbf{L}, X_{mn} k_{0n} f_{kn} \cdot X_{an} a_{kn})$$

△ 设随机变量 Y 为随机变量 X_i ($i=1,2,\dots,n$) 的函数，即

$$Y = j(X_1, X_2, \mathbf{L}, X_n)$$

则

$$\text{均值 } m_Y = j(m_{X_1}, m_{X_2}, \mathbf{L}, m_{X_n})$$

8-11

8.5 抗力的统计特征

方差

$$\text{变异系数 } s_Y^2 = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial j}{\partial X_i} \right]^2 \cdot s_{X_i}^2$$

● 结构抗力的分布类型

△ 如果

$$Y = \prod_{i=1}^n X_i$$

8-12

8.5 抗力的统计特征

则 $\ln Y = \sum_{i=1}^n \ln X_i$ 趋近于正态分布
Y 趋近于对数正态分布

△ 由于抗力 R 的计算模式一般为

或

则认为 R 近似服从对数正态分布
 $Y = X_1 X_2 X_3 + X_4 X_5 X_6 + L$

