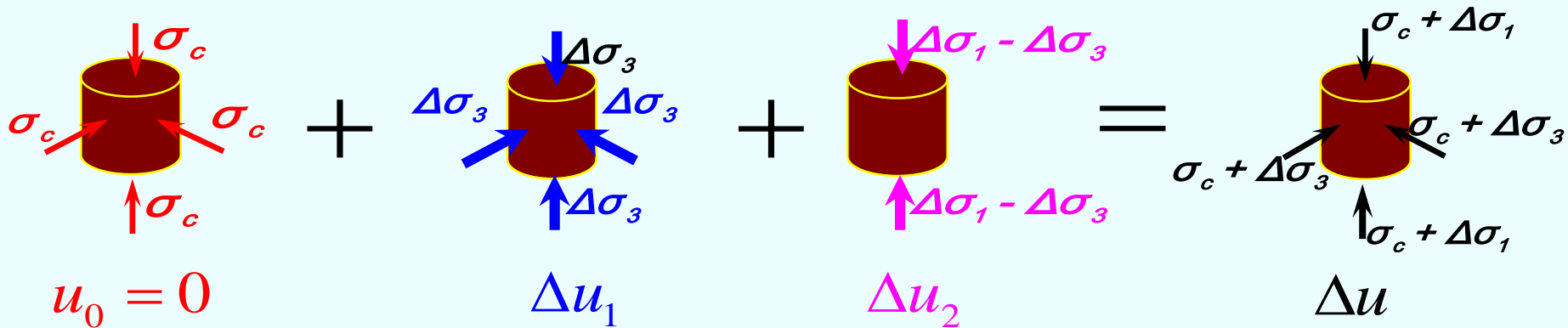


第5章： 土的抗剪强度

主讲：刘勇健

§5.4 三轴压缩试验中的孔隙水压力系数

三轴压缩试验中的孔隙应力系数



$$\Delta u = \Delta u_1 + \Delta u_2$$

$$u = u_0 + \Delta u = \Delta u$$

A - 偏应力增量作用下的孔隙压力系数,
B - 周围压力增量作用下的孔隙压力系数。

设孔隙压力增量 Δu_1 所引起的孔隙体积变化为 ΔV_{v1}

$$\frac{\Delta V_{v1}}{V_v} = \frac{\Delta V_{v1}}{nV} = C_v \Delta u_1$$

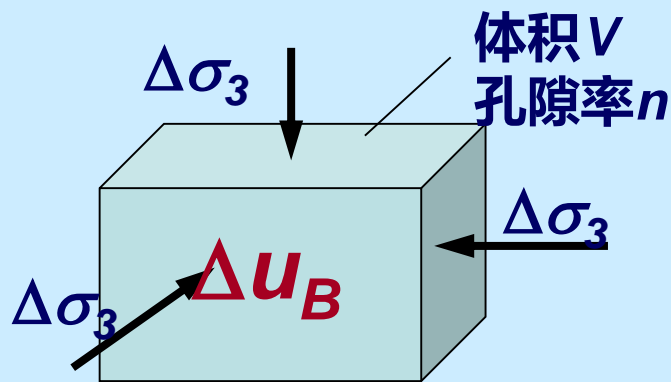
C_v - 孔隙的体积压缩系数 (kPa^{-1}) ,
单位应力增量引起的孔隙体积应变

同时, 有效应力增量 $\Delta \sigma_3 - \Delta u_1$ 必然引起土体骨架发生 ΔV_1 压缩量, 所以, 土体的体积应变为

$$\frac{\Delta V_1}{V} = C_s (\Delta \sigma_3 - \Delta u_1)$$

土体积的变化量=孔隙体积的变化量

■ 等向压缩应力状态



孔隙流体和土骨架为弹性体，其体积压缩系数分别为 C_V 和 C_s

- 孔压: Δu_B
- 有效应力: $\Delta \sigma_3 - \Delta u_B$
- 孔隙体积变化:

$$\Delta V_1 = C_v \cdot \Delta u_B \cdot V_v = C_v \cdot \Delta u_B \cdot nV$$

- 土体积变化:

$$\Delta V_2 = C_s \cdot \Delta \sigma'_3 \cdot V = C_s (\Delta \sigma_3 - \Delta u_B) V$$

- 不排水，不排气: $\Delta V_1 = \Delta V_2$

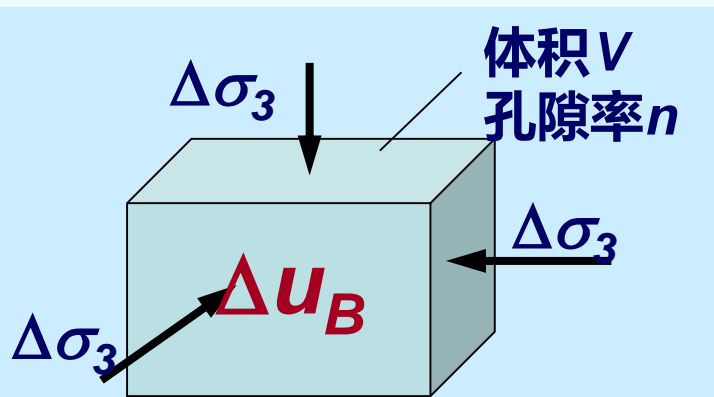
$$C_v \cdot \Delta u_B \cdot nV = C_s (\Delta \sigma_3 - \Delta u_B) V$$



$$\Delta u_B = \frac{1}{1 + n \cdot C_v / C_s} \Delta \sigma_3$$

附加应力情况 - 三轴应力状态

■ 等向压缩应力状态



孔隙流体和土骨架为弹性体，其体积压缩系数分别为 C_V 和 C_s

$$\Delta u_B = \frac{1}{1 + n \cdot C_V / C_s} \Delta \sigma_3$$

孔压系数B: $\Delta u_B = B \Delta \sigma_3$

$$B = \frac{1}{1 + n \cdot C_V / C_s}$$

☞ 单位周压力增量引起的孔压增量

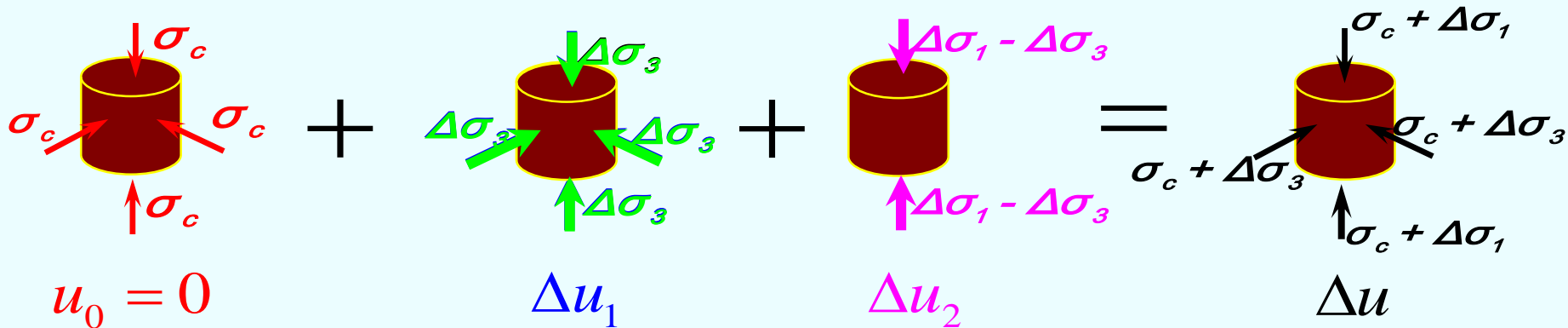
- 饱和土: $C_V = C_w \ll C_s \rightarrow B \cong 1.0$
- 干土: $C_V \gg C_s \rightarrow B = 0$
- 非饱和土: $B = 0-1$ 之间

☞ B是一个反映土饱和程度的指标

附加应力情况 – 三轴应力状态

1. 孔隙应力系数 B

饱和土体: $B = 1$
干土: $B = 0$
非饱和土: $B < 1$

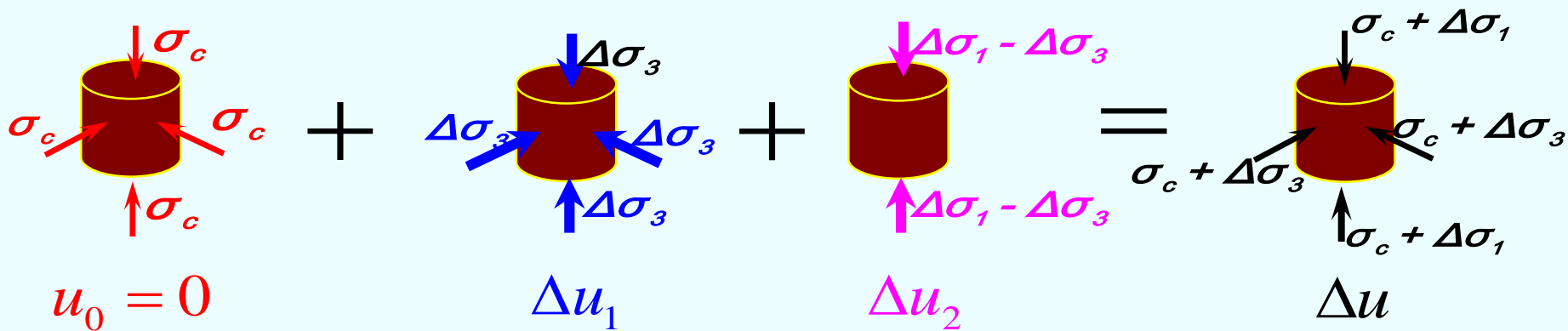


$$B = \frac{\Delta u_1}{\Delta\sigma_3}$$

土体积的变化量=孔隙体积的变化量

A - 偏应力增量作用下的孔隙压力系数,
 B - 周围压力增量作用下的孔隙压力系数。

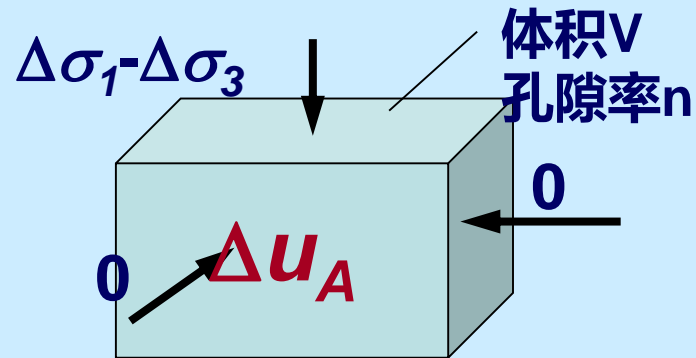
2. 孔隙应力系数A



$$\Delta u_2 = BA(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)$$

$$\Delta u_2 = \bar{A}(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)$$

■ 偏差应力状态



$\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3$ ↑
 孔隙流体和土骨架为弹性体，其体积压缩系数分别为 C_V 和 C_s

• 超静孔压: Δu_A

• 孔隙体积变化:

$$\Delta V_1 = C_V \cdot \Delta u_A \cdot V_v = C_V \cdot \Delta u_A \cdot nV$$

• 土体积变化:

$$\Delta V_2 = \Delta \varepsilon_v \cdot V = (\Delta \varepsilon_1 + \Delta \varepsilon_2 + \Delta \varepsilon_3)V$$

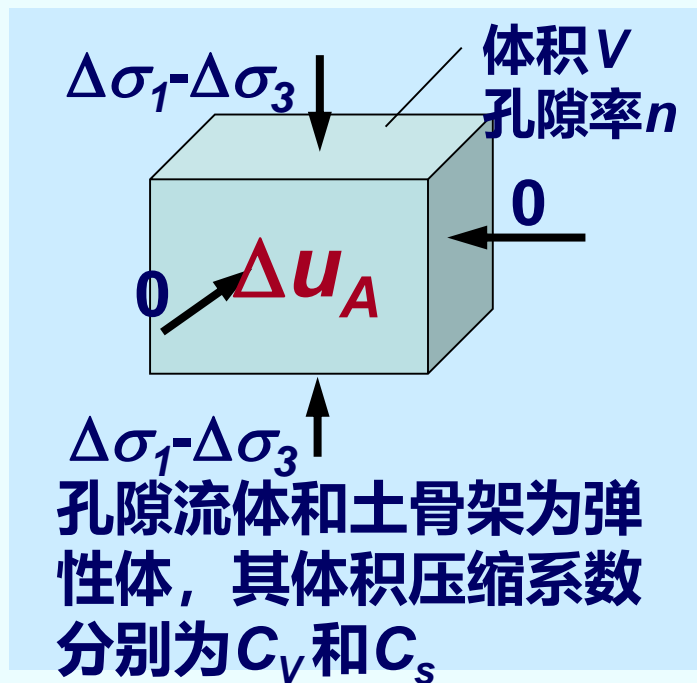
	轴向	侧向
总应力增量	$\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3$	0
有效附加应力	$\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3 - \Delta u_A$	$-\Delta u_A$

$$\Delta \varepsilon_1 = [(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3 - \Delta u_A) - 2\nu(-\Delta u_A)] / E$$

$$\Delta \varepsilon_2 = [-\Delta u_A - \nu(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3 - \Delta u_A) - \nu(-\Delta u_A)] / E$$

附加应力情况 - 三轴应力状态

■ 偏差应力状态



- 土骨架体积变化：胡克定律

$$\begin{aligned}\Delta V_2 &= \frac{1-2\nu}{E} (\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3 - 3\Delta u_A) \cdot V \\ &= \frac{1}{3} C_s [(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3) - 3\Delta u_A] V\end{aligned}$$

- 不排水，不排气： $\Delta V_1 = \Delta V_2$

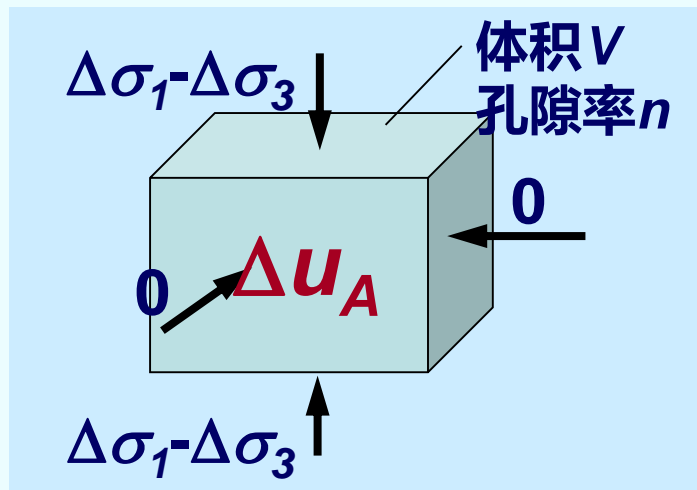
$$\begin{aligned}\Delta u_A &= \frac{1}{1+n \cdot C_f / C_s} \left[\frac{1}{3} (\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3) \right] \\ &= B \cdot \frac{1}{3} (\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)\end{aligned}$$

孔压系数A

$$\Delta u_A = B \cdot A (\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)$$

附加应力情况 – 三轴应力状态

■ 偏差应力状态



孔压系数A: $\Delta u_A = B \cdot A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)$

对饱和土, $B=1$

$$A = \frac{\Delta u_A}{\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3}$$

👉 剪切作用引起的孔压响应

- 线弹性体: $A=1/3$
- 剪胀: $A < 1/3$
- 剪缩: $A > 1/3$



A 是一个反映土体剪胀性强弱的指标, 其大小与土性有关。A不是常数, 随加载过程而变化

附加应力情况 - 三轴应力状态

三种不同排水条件下的表达式

饱和土 $\Delta u_1 = \Delta \sigma_3$ $\Delta u_2 = A(\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)$

(1) 饱和土不固结不排水试验

$$\Delta u = \Delta u_1 + \Delta u_2 = \Delta \sigma_3 + A(\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)$$

(2) 饱和土不固结排水试验

$$\Delta u = \Delta u_2 = A(\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)$$

(3) 饱和土不固结排水试验

$$\Delta u = \Delta u_1 + \Delta u_2 = 0$$