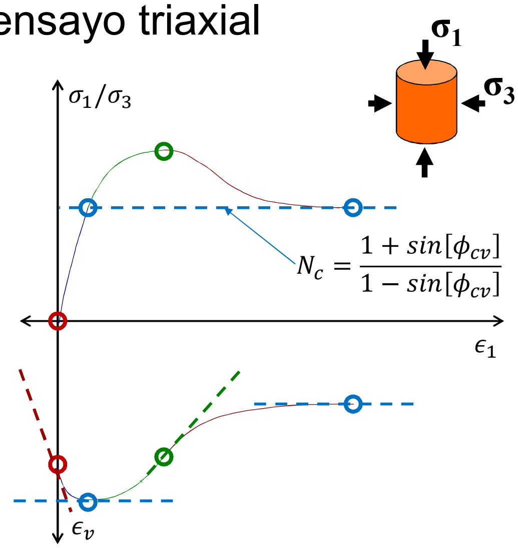
Introducción a la teoría tensión-dilatancia de Rowe

Dr. Alejo O. Sfriso
Universidad de Buenos Aires — materias.fi.uba.ar/6408 — asfriso@fi.uba.ar
SRK Consulting (Argentina) — latam.srk.com — asfriso@srk.com.ar
AOSA — www.aosa.com.ar — asfriso@aosa.com.ar

Observación experimental: arena densa en el ensayo triaxial

Calculemos la prendiente $\boldsymbol{\partial\epsilon_v/\partial\epsilon_1}$ en cuatro puntos de la curva $\sigma_1/\sigma_3 - \epsilon_1$

- Inicio
- Cruza por línea de estado crítico
- Resistencia máxima
- Vuelve a línea de estado crítico

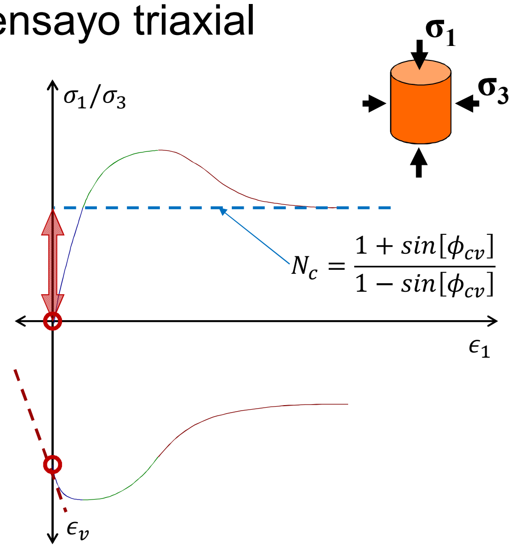


Observación experimental: arena densa en el ensayo triaxial

Comprobamos que

$$\frac{\partial \epsilon_v}{\partial \epsilon_1} \propto \frac{\sigma_1}{\sigma_3} - N_c$$

Mínima tensión: máxima contracción



Intro a la teoría tensión-dilatancia

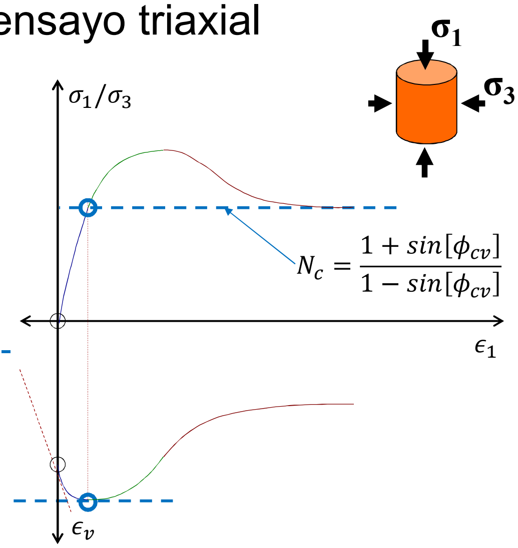
Observación experimental: arena densa en el ensayo triaxial

Comprobamos que

$$\frac{\partial \epsilon_v}{\partial \epsilon_1} \propto \frac{\sigma_1}{\sigma_3} - N_c$$

Mínima tensión: máxima contracción

Tensión “crítica”: deformación a volumen constante



Observación experimental: arena densa en el ensayo triaxial

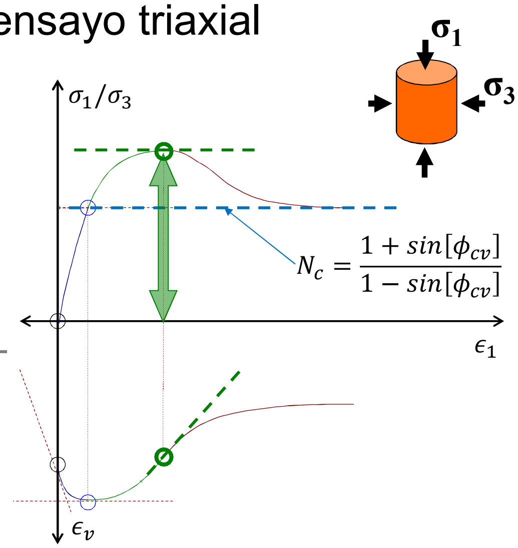
Comprobamos que

$$\frac{\partial\epsilon_v}{\partial\epsilon_1} \propto \frac{\sigma_1}{\sigma_3} - N_c$$

Mínima tensión: máxima contracción

Tensión "crítica": deformación a volumen constante

Tensión máxima: máxima velocidad de dilatancia



Intro a la teoría tensión-dilatancia

Observación experimental: arena densa en el ensayo triaxial

Comprobamos que

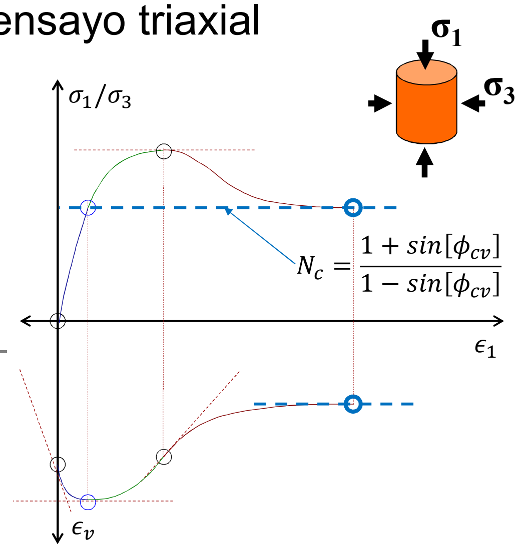
$$\frac{\partial\epsilon_v}{\partial\epsilon_1} \propto \frac{\sigma_1}{\sigma_3} - N_c$$

Mínima tensión: máxima contracción

Tensión "crítica": deformación a volumen constante

Tensión máxima: máxima velocidad de dilatancia

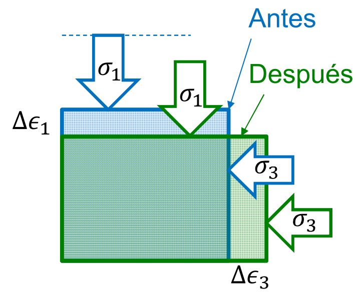
Estado crítico: deformación a volumen constante



Explicación conceptual: resiste más porque dilata

Ecuación de trabajo aplicada a un pistón ($b = h = 1$) con una deformación tal que el signo de $\Delta\epsilon_1$ es opuesto al de $\Delta\epsilon_3$

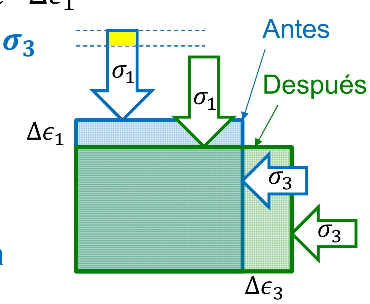
- **Pistón lleno con agua**
  - No disipa energía $\Delta W_{in} = \sigma_1 \Delta\epsilon_1 = \Delta W_{out} = \sigma_3 \Delta\epsilon_3$
  - Volumen constante $\Delta\epsilon_1 = -\Delta\epsilon_3$
  - Relación de tensiones (ley de hidrostática) $\boldsymbol{\sigma_1 = \sigma_3}$



Explicación conceptual: resiste más porque dilata

Ecuación de trabajo aplicada a un pistón ($b = h = 1$)

- Agua $\sigma_1 = \sigma_3$
- **Pistón lleno con (mágico) fluido dilatante**
  - No disipa energía $\Delta W_{in} = \sigma_1 \Delta\epsilon_1 = \Delta W_{out} = \sigma_3 \Delta\epsilon_3$
  - Dilata $\Delta\epsilon_3 = -\alpha \cdot \Delta\epsilon_1$
  - Relación de tensiones $\boldsymbol{\sigma_1 = \alpha \cdot \sigma_3}$



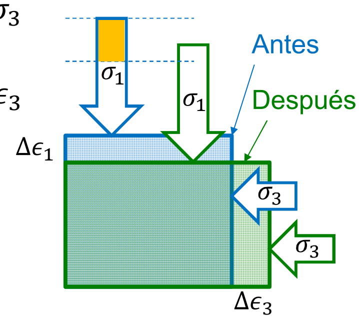
$\sigma_1 - \sigma_3 > 0$ porque dilata, aunque es un fluido que no disipa energía

Intro a la teoría tensión-dilatancia

Explicación conceptual: **resiste más porque dilata**

Ecuación de trabajo aplicada a un pistón ($b = h = 1$)

- Agua $\sigma_1 = \sigma_3$
- Fluido dilatante $\sigma_1 = \alpha \cdot \sigma_3$
- **Pistón lleno de suelo con relación de vacíos crítica**
  - Relación de tensiones $\sigma_1 = N_c \cdot \sigma_3$
  - Volumen constante $\Delta\epsilon_1 = -\Delta\epsilon_3$
  - **Relación de trabajos** $\boldsymbol{\Delta W_{in} = N_c \cdot \Delta W_{out}}$



9

Intro a la teoría tensión-dilatancia

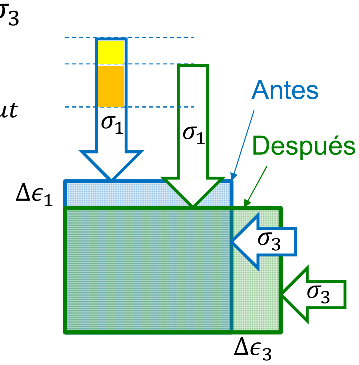
Explicación conceptual: **resiste más porque dilata**

Ecuación de trabajo aplicada a un pistón ($b = h = 1$)

- Agua $\sigma_1 = \sigma_3$
- Fluido dilatante $\sigma_1 = \alpha \cdot \sigma_3$
- Suelo con e_c $\sigma_1 = N_c \cdot \sigma_3$
- **Suelo dilatante**
  - Es suelo $\Delta W_{in} = N_c \cdot \Delta W_{out}$
  - Dilata $\Delta\epsilon_3 = -\alpha \cdot \Delta\epsilon_1$
  - Relación de tensiones $\boldsymbol{\sigma_1 = \alpha \cdot N_c \cdot \sigma_3}$

Porque dilata hace trabajo mecánico contra el medio

Porque es suelo



10

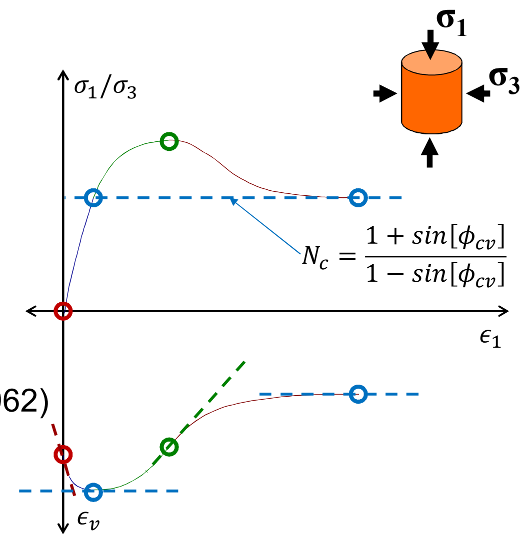
La fórmula de Rowe

Suelo dilatante

$$\sigma_1 = \alpha \cdot N_c \cdot \sigma_3$$

Cálculo de α

$$\Delta\epsilon_v = \Delta\epsilon_1 + \Delta\epsilon_3$$
$$\Delta\epsilon_v = (1-\alpha)\Delta\epsilon_1$$
$$\alpha = 1 - \Delta\epsilon_v / \Delta\epsilon_1$$



Reemplazando (Rowe 1962)

$$\boldsymbol{\frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \left(1 - \frac{\partial\epsilon_v}{\partial\epsilon_1}\right) N_c}$$

Vale a lo largo de toda la curva tensión-deformación