

¿Cómo incorporar la enseñanza de la Mecánica de Suelos de Estado Crítico (Critical State Soil Mechanics – CSSM) a los cursos de geotecnia en Argentina?

Contenido propuesto y motivación

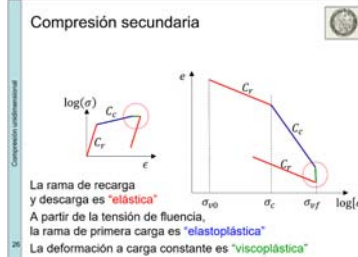
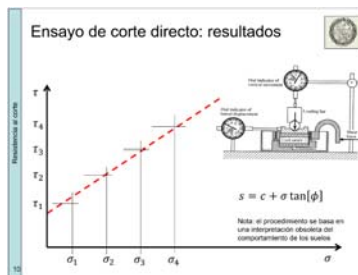
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica
¿Cómo incorporar CSSM a nuestros cursos?
 Buenos Aires - 27 Junio 2017

1

La mecánica de suelos clásica vs la mecánica de suelos de estado crítico

Mecánica de Suelos Clásica: La relación de vacíos es una “propiedad del material”

- “Arena suelta” y “densa” son distintos materiales
- No hay conexión entre el ensayo edométrico y el triaxial



Incorporando CSSM - Motivación

2

2

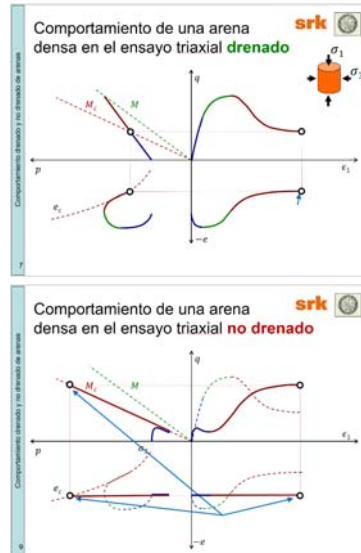
La mecánica de suelos clásica vs la mecánica de suelos de estado crítico



Mecánica de Suelos Clásica:
La relación de vacíos es una “propiedad del material”

Mecánica de Suelos de Estado Crítico: La relación de vacíos es una “variable de estado”

- “Arena suelta” y “densa”, mismo material en distinto estado
- Ensayo edométrico y triaxial, dos fotos desde distinto ángulo



3

3

Actualización de la clase de clasificación y propiedades índice



La mecánica de suelos clásica

- Clasificación: “nombre” de un suelo, lo que “es”
- Propiedades índice: “estado” de un suelo, cómo “está”

La palabra “propiedades índice” sugiere que se trata de “propiedades” del material, pero las “propiedades” de los materiales no deberían cambiar

Enfoque consistente con CSSM

- Propiedades físicas (no cambian): γ_s , e_{max} , e_{min} , ϕ_{cv}
- Variables de estado (pueden cambiar): ω , γ , γ_d , e , n , S_r

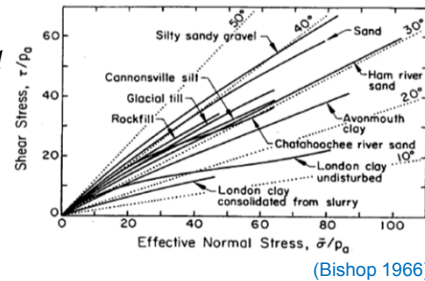
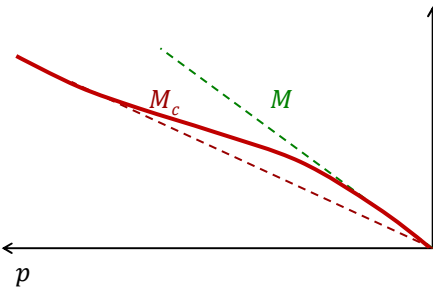
4

4

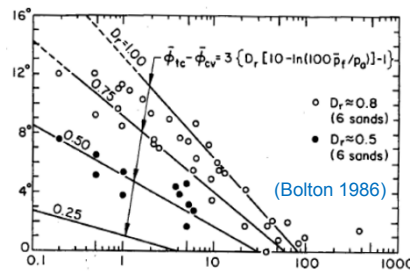
La comprensión del problema (1966-1986)



Incorporando CSSM - Motivación



(Bishop 1966)



(Bolton 1986)

- Bishop (1966): $\phi[p]$
- Bolton (1986): $\phi[p, e]$

5

5

Despite this, it is regrettably quite common practice to attempt to describe the peak strength failure envelope by means of a 'best-fit' straight line having an equation of the form given by Equation 2.15

$$\tau_p = c' + \sigma' \cdot \tan \phi'_{igt} \quad (2.15)$$

(Figure 5.11b).

Equation 2.15 has a number of serious shortcomings:

- The physical interpretation of Equation 2.15, with c' as a cohesion (that is an ability to withstand shear stresses at zero effective stress) and ϕ'_{igt} as a friction angle, is incorrect. In the absence of particle bonding, the soil cannot withstand shear stresses at zero effective stress. For unbonded soils, therefore, $c' = 0$.
- Equation 2.15 takes no account of differences in stress history and specific volume/water content, which would be expected to alter the potential for dilation and hence the peak strength achieved.
- As a consequence of this, the scatter in the values of c' and ϕ'_{igt} obtained from similar sets of specimens can be very wide.
- Although it represents a peak strength failure envelope, the parameter ϕ'_{igt} is actually smaller than the critical state strength ϕ'_{crit} . Thus, there will be a point to the right of the graph of τ against σ' at which the peak strength failure envelope intersects, and then lies below, the critical state failure envelope $\tau = \sigma' \tan \phi'_{crit}$.
- It is too easy to apply Equation 2.15 outside the range of stresses for which it has been determined. At the left-hand end, the peak strength failure envelope is limited at best by the Mohr circle corresponding to a minor principle effective stress $\sigma'_3 = 0$. This is because an unbonded soil is unable to carry tension so that a Mohr circle crossing the τ axis (i.e. having $\sigma'_3 < 0$) represents an impossible stress state. At the right-hand end, the peak strength failure envelope is limited by its point of intersection with the critical state line $\tau = \sigma' \tan \phi'_{crit}$.

Incorporando CSSM - Motivación

(Powrie 2014)

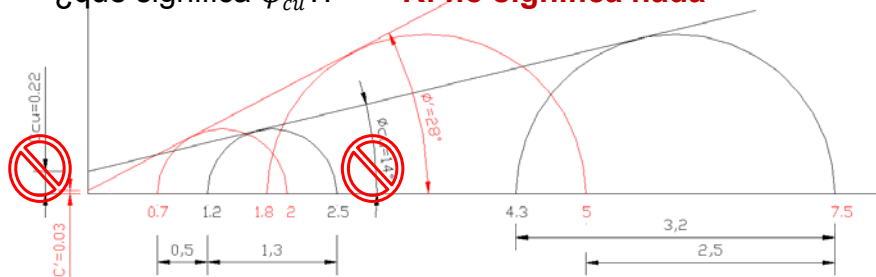
6

6

Ensayo triaxial consolidado no drenado (como lo estamos enseñando en FIUBA)



- $\sigma_{3,1} = 120kPa, \sigma_d = 130kPa, u = 50kPa$
- $\sigma_{3,2} = 430kPa, \sigma_d = 320kPa, u = 250kPa$
- ¿cuánto vale ϕ' ? R: 28°
- ¿cuánto vale ϕ_{cu} ? R: 14°
- ¿qué significa ϕ_{cu} ? R: **no significa nada**



7

¿Porqué deberíamos cambiar?



- **Mecánica de Suelos Clásica: know-how, sólo permite comprender “cómo” se portan los suelos**
- **CSSM: know-why, permite comprender “porqué”**

Además

- Reemplaza a c_u y ϕ_u por el efecto de OCR en ϕ'_{max} y s_u
- Integra compresión y corte
- Trayectorias más complejas
 - Carga permanente “drenada” + accidental “no drenada”
 - ¿Cómo se calculan los pilotes de un puente?
- Compatible con normas modernas de diseño (¿LRFD?)
- Compatible con Geomecánica Computacional (Plaxis)

8

8