

MODULOS DE ELASTICIDAD EN HORMIGON Y SUELOS

E. NUÑEZ - Ingeniero Civil - Profesor UBA - UCA.

Introducción

Las relaciones tensión-deformación para materiales granulares dependen de la cohesión existente entre las partículas. En un extremo se ubican los suelos tales como las arenas y las gravas limpias; en el otro extremo podemos localizar los hormigones, que son en definitiva una mezcla de los materiales anteriormente indicados con cemento Portland; éste - una vez fraguado y endurecido - provee una alta ordenada al origen en la curva de resistencia intrínseca del material.

Resistencia y Deformación de los Hormigones

La curva σ/ϵ puede asimilarse a una parábola (FIG.1)(FIG.2) cuadrática, por lo que la variación del módulo tangente (o "instantáneo") con las deformaciones específicas presenta una variación lineal, mientras que dicha variación respecto del

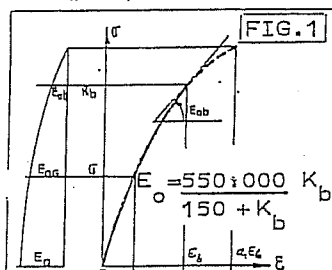
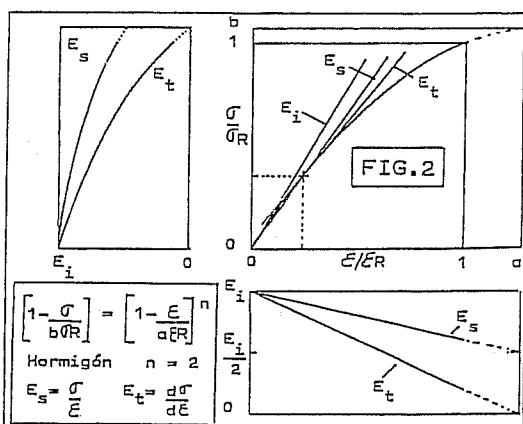


FIG.4-4

SPAMPINATO, A "Lacciones de Estructuras de Hormigón Armado", 1952



nivel de esfuerzos es parabólica (1,2). Las relaciones algebraicas pertinentes se agregan en el cuadro anexo. Si se adopta $a = b = 1$ la parábola presenta una tangente horizontal para el valor de la deformación específica correspondiente a la rotu

ra. Este es el criterio del ACI que emplea la siguiente notación: $f_c = \sigma_c$; f'_c : resistencia a la compresión; $\epsilon_o = \epsilon_R$
 $f_c = f'_c \left[2 \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_o} \right) - \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_o} \right)^2 \right]$
 en donde $f'_c = 0,85 f'_c$.

$$\left[1 - \frac{\sigma}{b\sigma_R} \right] = \left[1 - \frac{\epsilon}{a\epsilon_R} \right]^n ; n = 2 ; 1 - \frac{\sigma}{b\sigma_R} = 1 - \frac{2\epsilon}{a\epsilon_R} + \left(\frac{\epsilon}{a\epsilon_R} \right)^2 ;$$

$$\sigma/\epsilon = E_s = \frac{b}{a} \frac{\sigma_R}{\epsilon_R} (2 - \epsilon/a\epsilon_R) ; \text{ si } \epsilon=0, E_s = E_i = \frac{2b}{a} \frac{\sigma_R}{\epsilon_R}$$

$$a\epsilon/\epsilon_R = 1 - \left(1 - \frac{\sigma}{b\sigma_R} \right)^{\frac{1}{n}} \quad \boxed{E_i = \frac{2b}{a} \frac{\sigma_R}{\epsilon_R}} \quad \boxed{E_s = E_i/2 \cdot \left(2 - \frac{\epsilon}{a\epsilon_R} \right) = \frac{E_i}{2} \left[1 + \left(1 - \frac{\sigma}{b\sigma_R} \right)^{\frac{1}{n}} \right]}$$

$$\sigma = 2 \frac{b}{a} \frac{\sigma_R}{\epsilon_R} \epsilon - \frac{b}{a} \frac{\sigma_R}{\epsilon_R^2} \cdot \epsilon^2 ; \frac{d\sigma}{d\epsilon} = \frac{2b\sigma_R}{a\epsilon_R} \left(1 - \frac{\epsilon}{a\epsilon_R} \right) = E_t \cdot \left(1 - \frac{\sigma}{b\sigma_R} \right)^{\frac{1}{n}} = E_t$$

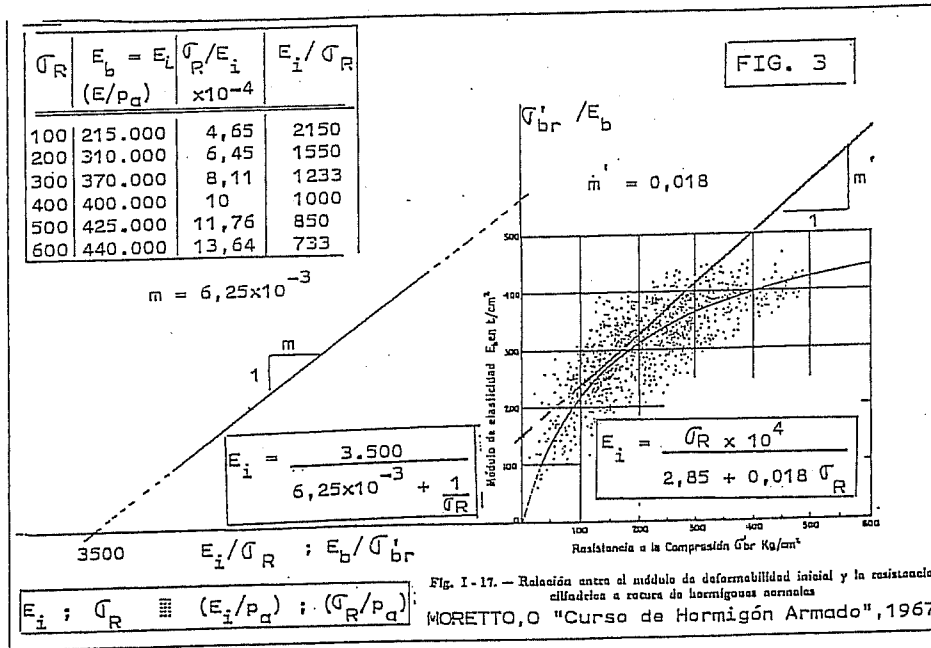
$$\boxed{E_t = E_i \cdot \left(1 - \epsilon/a\epsilon_R \right) = E_i \cdot \left(1 - \sigma/b\sigma_R \right)^{\frac{1}{n}}} \quad \boxed{2 E_s - E_t = E_i}$$

El valor del módulo inicial varía hiperbólicamente con la resistencia cilíndrica del hormigón como se muestra en la FIG.3 . La expresión incluida en la FIG. 1 (trabajos de Ros, Graf, Bach, Schüle) arroja valores prácticamente iguales.

Resistencia y Deformación de los suelos incoherentes

A la inversa de los hormigones, la resistencia de los áridos constituyentes (sin la acción del cemento) presenta una variación parabólica del módulo inicial respecto de la presión de confinamiento (1). Obsérvese que la presión de confinamiento σ_3 es una medida de la resistencia a la compresión ya que $(\sigma_1 - \sigma_3)_R = \sigma_R = (N_{\sigma_R} - 1) \cdot \sigma_3$. Para este caso $E_i = C (\sigma_3/p_a)^n$. p_a dependiendo C y n de la densidad relativa, entre otras variables. En cambio la relación entre ten -

siones y deformaciones específicas sigue generalmente una ley hiperbólica.



Interacción de los miembros estructurales con el material de embebimiento

Para los elementos estructurales de H²A² embebidos en suelos, los valores de los módulos del hormigón pueden ser considerados constantes. En cambio, cuando interactúan con rocas, las variaciones de los módulos del hormigón no pueden ser despreciadas. En estos casos, deben considerarse que dichas variaciones no siguen las mismas leyes que resultan de aplicación para los suelos.

REFERENCIAS

- 1.- NUÑEZ, E. (1984) "Caracterización de Suelos" 8º Congreso SAMS - Neuquen .
- 2.- NUÑEZ, E. (1996) Artículos colectados en los Boletines de la Sociedad Argentina de Mecánica de Suelos.

NOTA: La FIG.1 se ha tomado del libro "Lecciones de Estructuras de Hormigón Armado" de Agripino SPAMPINATO, agregándole la ecuación empleada en dicho Texto. La FIG.3 se ha confeccionado a partir de la curva $E_b - \sigma'_{br}$ que se presenta en el libro "Curso de Hormigón Armado" de Oreste MORETTO. A partir de dicha curva se obtuvieron las funciones lineales $(E_b / \sigma'_{br}) = f(E_b) \iff \sigma'_{br} / E_b = F(\sigma'_{br})$.