

## Condiciones de Servicio

- Diseño por capacidad (rotura o capacidad última en flexión, corte, etc.) no es la única consideración en diseño
- Debe considerarse el comportamiento de la estructura en el estado de servicio (usualmente para cargas D+L)
  - Control de deformaciones
  - Limitación de fisuración

## Control de deformaciones

- Grandes deformaciones (flechas) causan problemas a elementos no estructurales (tabiques, etc.)
- Cómo controlar las deformaciones?
  - Limitando el espesor (o altura) de elementos
  - Limitando directamente las deformaciones (flechas)
    - Incertidumbres en propiedades de materiales, nivel de agrietamiento (generalmente dentro del rango elástico)
    - Acciones tanto instantáneas como diferidas en el tiempo (creep, retracción de fraguado). Las deformaciones diferidas en el tiempo pueden llegar a ser 2 o 3 veces las deformaciones instantáneas.

## Control de deformaciones

- Limitando el espesor (o altura) de elementos (S.9.5.2.1)
  - Sólo para elementos no unidos a particiones afectas a daño por grandes deformaciones
  - Pueden reducirse los espesores en caso que se verifiquen las deformaciones por cálculo
  - Espesores definidos para hormigón de peso normal y  $f_y=420\text{MPa}$

| Elemento                                   | Altura mínima, $h$  |            |                         |                    |
|--|---|------------|-------------------------|--------------------|
|  | Simplemente apoyada   | Un extremo | Ambos extremos continuo | Voladizo continuos |
|  | <b>Elementos que no sostienen o están unidos a particiones o a otro tipo de construcción que puedan dañarse por deflexiones grandes</b> |            |                         |                    |
| Losas macizas reforzadas en una dirección  | $l/20$  | $l/24$     | $l/28$                  | $l/10$             |
| Vigas o losas con nervios en una dirección | $l/16$  | $l/18.5$   | $l/21$                  | $l/8$              |



Ingeniería Civil

$l$  = luz de la viga/losa

## Control de deformaciones

- Limitando directamente las deformaciones (flechas)
  - Deformación elástica (instantánea)

$$\Delta = \frac{f(\text{carga, luces, apoyos})}{EI} \quad \text{Ej. Viga SA, carga distribuida} \quad \Delta_{\max} = \frac{5}{384} \frac{wl^4}{EI}$$

- Incertidumbres en propiedades de materiales, nivel de agrietamiento ( $EI$ ?)

Para  $M_a \geq M_{cr} \rightarrow I_e$  es variable y puede ser determinado como,

$$I_e = \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_g \quad \text{S.9.5.2.3 Hormigón peso normal}$$

$M_{cr}$  = momento de fisuración =  $f_r I_g / y_t$

$M_a$  = momento aplicado

$I_e$  = momento de inercia efectivo

$I_{cr}$  = momento de inercia de sección fisurada

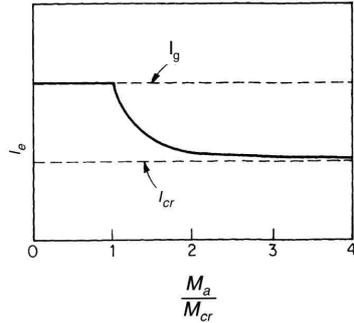
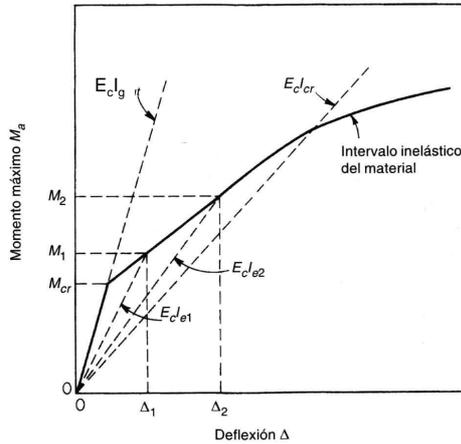
$I_g$  = momento de inercia bruto de sección No fisurada



Ingeniería Civil

## Control de deformaciones

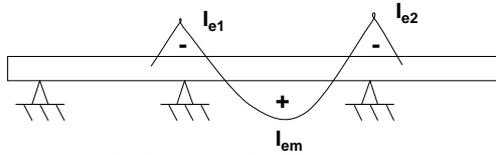
- Limitando directamente las deformaciones (flechas)
  - Deformación elástica (instantánea), variación de  $I_e$



## Control de deformaciones

- Limitando directamente las deformaciones (flechas)
  - Deformación elástica (instantánea),  $I_e$  para vigas continuas (S.9.5.2.4)

$$I_e = 0.5I_{em} + 0.25(I_{e1} + I_{e2})$$

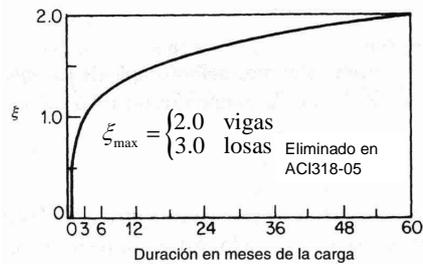


- Deformación a largo plazo (creep) (S.9.5.2.5)

$$\Delta_{\text{creep}} = \lambda \Delta_{\text{instantáneo}}$$

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50\rho'}$$

$\rho'$  (acero en compresión) al centro de la luz para tramos simple y continuos o en los apoyos para voladizos



## Control de deformaciones

- Limitando directamente las deformaciones (flechas)

### Máximas deflexiones admisibles calculadas

| Tipo de elemento  | Deflexiones para tener en cuenta   | Deflexión límite |
|---|--|------------------|
| Cubiertas planas que no sostienen ni están unidas a elementos no estructurales que puedan dañarse por deflexiones grandes | Deflexión instantánea debida a la carga viva $L$   | $\frac{l}{180}$  |
| Pisos que no sostienen ni están unidos a elementos no estructurales que puedan dañarse por deflexiones grandes            | Deflexión instantánea debida a la carga viva $L$   | $\frac{l}{360}$  |
| Cubiertas o pisos que soportan o están unidos a elementos no estructurales que puedan dañarse por deflexiones grandes     | La parte de la deflexión total que ocurre después de la construcción de los elementos no estructurales, o sea la suma de las deflexiones a largo plazo como consecuencia de todas las cargas sostenidas y las deflexiones instantáneas que ocasiona cualquier carga viva adicional | $\frac{l}{480}$  |
| Cubiertas o pisos que sostienen o están unidos a elementos no estructurales que pueden no dañarse por deflexiones grandes |  | $\frac{l}{240}$  |

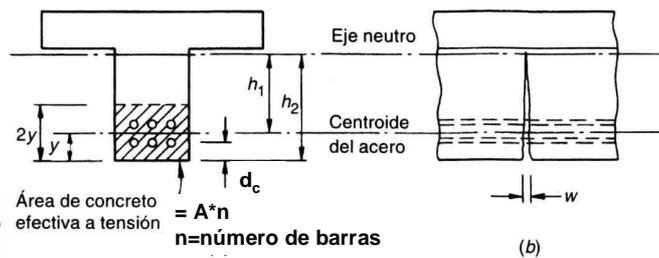


## Control de fisuración

- Limitando ancho de fisuras

$$w = 1.1\beta f_s \sqrt[3]{d_c A} \cdot 10^{-5} \text{ [mm]} \quad \text{ACI318-95}$$

$d_c$  = espesor de recubrimiento (cara en tracción al centro de la barra más traccionada)  
 $\beta = h_2/h_1$  (relación de distancia del eje neutro a centroide del refuerzo y cara traccionada)  
 $= 1.2$  (valor común)  
 $A$  = área de hormigón que rodea una de las barras traccionadas y que tiene el mismo centroide que las barras  
 $w$  = tamaño de fisura  
 $f_s$  = tensión del acero en condición de servicio



## Control de fisuración

- Limitando ancho de fisuras
  - ACI 318-95 define un término  $z$ , ( $f_s$  puede considerarse  $0.6f_y$ )

$$z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \text{ [N/mm]} = \frac{w}{1.1\beta \cdot 10^{-5}} \leq \begin{cases} z=30 \text{ [MN/m] Interior (w=0.40mm)} \\ z=25 \text{ [MN/m] Exterior (w=0.33mm)} \end{cases}$$

### Anchos tolerables de las grietas para concreto reforzado

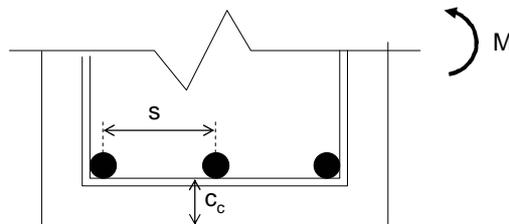
| Condición de exposición  | Ancho tolerable de la grieta |      |
|--|------------------------------|------|
|  | pulg                         | mm   |
| Aire seco o membrana protectora                                      | 0.016                        | 0.41 |
| Humedad, aire húmedo, suelo  | 0.012                        | 0.30 |
| Químicos para deshielo   | 0.007                        | 0.18 |
| Agua de mar y rocío de agua de mar:<br>humedecimiento y secado       | 0.006                        | 0.15 |
| Estructuras de contención de agua,<br>se excluyen ductos sin presión | 0.004                        | 0.10 |

## Control de fisuración

- Limitando ancho de fisuras
  - ACI 318-05 limitación por medio de espaciamiento,  $s$  (S.10.6.4)

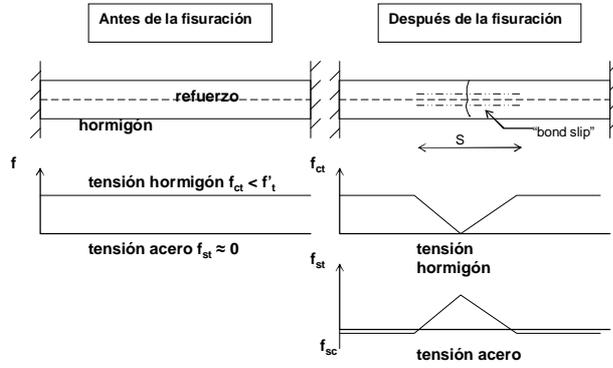
$$s \leq 380 \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2.5c_c \leq 300 \left( \frac{280}{f_s} \right)$$

$c_c$  = recubrimiento libre (min. dist. superficie barra más traccionada a cara en tracción)  
 $f_s$  puede considerarse  $0.67f_y$   
 $s$  = espaciamiento centro a centro de barras longitudinales



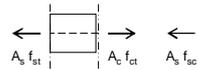
# Hormigón – Propiedades

- Baja resistencia a tracción



## – Problemas de fisuración

- Temperatura
- Retracción de fraguado



Esfuerzos en sección entre la fisura y una fisura potencial