

4. Condición de momento último de resistencia a la flexión

Tomaremos en cuenta que existen dos condiciones para la determinación del momento último. La primera será cuando trabajamos con una losa sub-reforzada en la cual la capacidad de la plancha de acero para tomar dicho momento será la condición crítica. La segunda condición será cuando estemos ante una losa sobre-reforzada, en la cual el acero de la plancha es excesivo y el momento estará sujeto a la capacidad del concreto para resistir dicha acción. Así; para poder definir ante qué condición nos encontramos, se requiere verificar si la cuantía del sistema es menor o mayor que la cuantía balanceada.

La cuantía balanceada se definirá suponiendo que la superficie superior de la plancha de acero alcanza su límite de fluencia en el mismo instante que la fibra superior del concreto llega a su límite de deformación en compresión. Así, tenemos que:

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{F_y} \times \frac{0.003 \times (t - h_r)}{\left(0.003 + \frac{F_y}{E_s}\right) \times d}$$

Donde:

$\beta_1 = 0.85$ para concretos con f'_c menores a 280 kgf/cm^2 y se reduce en 5% con cada incremento de resistencia a compresión del concreto de 70 kgf/cm^2 (β_1 mínimo = 0.65).

Se reconocerá como losas **sub-reforzadas** a aquellas que presenten una cuantía " ρ " menor que la cuantía balanceada " ρ_b ". Entonces la capacidad del momento nominal se identificará como:

$$M_n = A_{s_{sd}} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\text{Si: } \rho \leq \rho_b$$

Donde:

- $A_{s_{sd}}$ = Área de acero neta de la plancha por unidad de ancho.

- $a = \frac{A_{s_{sd}} \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b}$

Profundidad del bloque rectangular en compresión equivalente de ancho b .

El momento de diseño será igual a $\Phi \times M_n$, donde Φ es el coeficiente de reducción del Momento por Flexión para una falla sub-reforzada, $\Phi = 0.90$.

La condición de losa **sobre-reforzada** sucederá cuando el concreto alcance su deformación límite y el acero de la plancha no haya alcanzado su límite de deformación de fluencia a la tracción.

Es difícil encontrarse ante una situación de una losa sobre-reforzada, es decir que $\rho > \rho_b$, tal como pudimos comprobar en los especímenes ensayados en el Laboratorio de Estructuras del CISMID. Aún así, para ése caso, puede definirse el momento nominal como:

$$M_n = 0.85 \times \beta_1 \times f'_c \times b \times d^2 \times k_u \times (1 - \beta_2 \times K_u)$$

$$k_u = \sqrt{\rho \times \lambda + (\rho \times \lambda / 2)^2} - \rho \times \lambda / 2$$

$$\lambda = \frac{E_s \times \epsilon_u}{0.85 \times \beta_1 \times f'_c} : \text{Parámetro del material.}$$

- $\epsilon_u = 0.003$ cm./cm. deformación ^{máxima} para el concreto.
- $\beta_2 = 0.425$ para concretos con f'_c menores a 280 kg-f/cm² y se reduce en 2.5% con cada incremento de 70 kgf/cm² en el f'_c del concreto.

El momento de diseño será igual a $\Phi \times M_n$, donde Φ es el coeficiente de reducción de resistencia, y según especificaciones del ASCE, $\Phi = 0.75$.

Resulta obvio que la falla que se espera tener es la de una losa sub-reforzada, dado que el concreto es un material frágil. Si la losa fuera sobre-reforzada, podríamos enfrentarnos a una falla tipo colapso.