

COMENTARIOS A LA "INSTRUCCION PARA EL PROYECTO DE OBRAS DE HORMIGON"

Por ENRIQUE BARRERA, Ingeniero Militar.

Presenta el autor algunas sugerencias para aclarar algunos extremos de la Instrucción vigente para el Proyecto de Obras de Hormigón Armado, en lo referente al empotramiento de pilares y al cálculo del coeficiente de pandeo en piezas largas.

Estas líneas se refieren, concretamente, al empotramiento de los pilares y al cálculo del coeficiente de pandeo en las piezas largas. El tema es viejo, pero tentador, porque siempre presenta algo oscuro, o dudoso, que impulsa a esclarecerlo o resolverlo.

La "Instrucción", en su artículo 39 da, para valor del coeficiente de pandeo, en piezas rectangulares, la fórmula

$$1 + \left(0,07 \frac{l'}{e} - 0,9\right)^2 \quad [1]$$

en la cual, l' es la longitud virtual, y e , el lado menor, y añade: "Esta fórmula se refiere a piezas rígidas o elásticamente empotradas en los extremos".

En primer lugar, convendría precisar cómo debe medirse la longitud del pilar. En algunos reglamentos extranjeros, el alemán entre ellos, l' es la distancia de suelo a suelo, valor que nos parece de una prudencia exagerada; si se tratase de un pie derecho, de madera o ladrillo, la longitud para el cálculo sería la l (figura 1.^a), la libre, y ya que, en realidad, el pilar

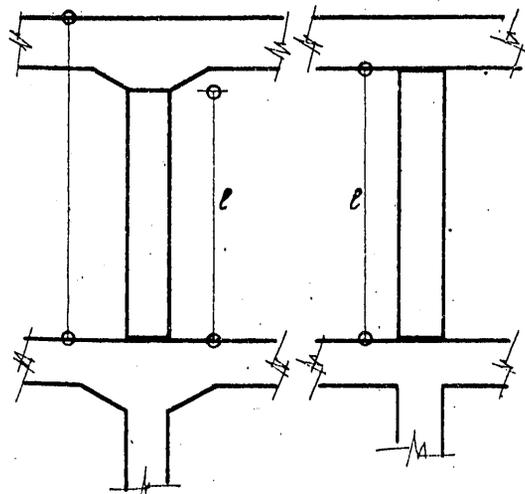


Figura 1.^a

está comprendido entre las secciones señaladas (pues los cantabones pertenecen a las vigas), no hay razón para no admitirla también en hormigón armado. Adoptaremos, pues, para l , la longitud libre.

En segundo lugar, ¿cuándo deben considerarse los extremos empotrados y cuándo articulados? La "Instrucción" no define estas disposiciones y sería conveniente precisar algo más estos conceptos. En nuestra opinión, podría considerarse un extremo como articulado (aparte el caso de que se organice

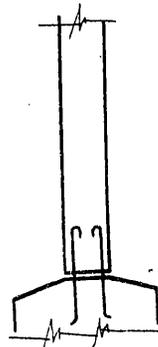


Figura 2.^a

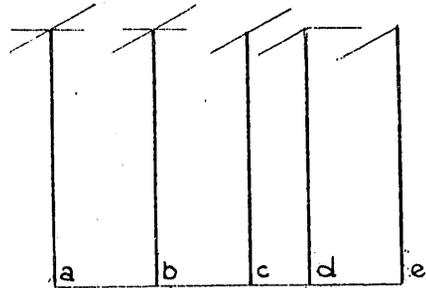


Figura 3.^a

como tal) cuando (figura 2.^a) se haya interrumpido la construcción y sólo asómen los hierros del cimiento, o del piso inferior, que son incapaces de transmitir ningún esfuerzo, y también cuando las vigas que coronen el pilar no se hormigonan al mismo tiempo que él.

Podrá considerarse un extremo como empotrado perfectamente o con diferentes grados de empotramiento:

a) Cuando el pilar se haya hormigonado al mismo tiempo que cuatro semivigas que terminen en aquél (fig. 3.^a, a) y sean de rigídes que difieran, a lo más, en un 20 por 100; es el caso de un pilar de centro de crujía, y en él, el extremo está impedido de moverse en cuatro direcciones. Si una de las semivigas no cumple una sola de estas condiciones, el extremo está en el caso siguiente, b); si no las satisfacen dos de ellas, el extremo deberá ser incluido en el caso c, y si sólo la cumple una, en el d.

b) Caso de un pilar de fachada (fig. 3.^a, b): tres semivigas, de las condiciones anteriores, terminan en el extremo, que no puede moverse en tres direcciones. Si una de las semivigas no las cumple, el extremo pasa al caso c, y si no la cumplen dos, al d.

c) Dos semivigas (fig. 3.^a, c) en prolongación o a escuadra; el extremo no puede moverse en dos direcciones. Si difieren en más del 20 por 100 de sus rigideces, estamos en el caso d.

d) Una sola semiviga (fig. 3.^a, d).

Si en el caso a se representa por 4 (puesto que son 4 los obstáculos), la resistencia del extremo a moverse: en el b, se representará por 3; en el c, por 2, y en el d, por 1.

Definidas así las condiciones de los extremos, los

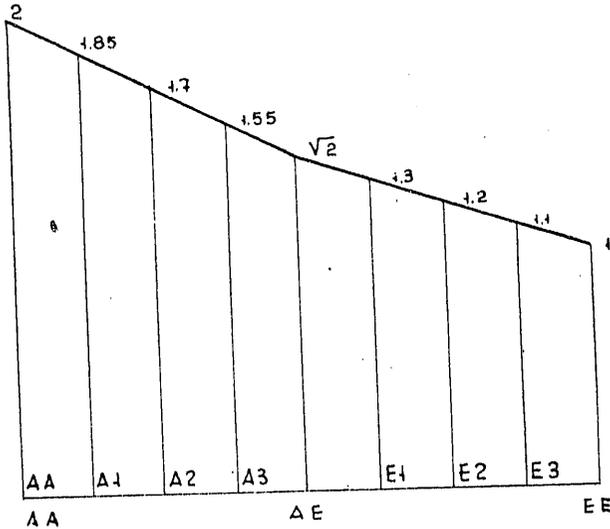


Figura 4.^a

valores de la longitud virtual que corresponde a cada caso se deducen fácilmente. Llevemos a un gráfico (figura 4.^a) los valores que para l' da la "Instrucción"; los tres puntos 2, $\sqrt{2}$ y 1, pueden unirse por una curva que, para mayor comodidad y en beneficio de la resistencia, podemos sustituir por dos rectas de desigual pendiente. Con arreglo a lo expuesto en los párrafos anteriores, bastará dividir el intervalo AA-AE en cuatro partes, correspondiendo los puntos de división a los casos de 3, 2 y 1 semiviga, y haciendo lo mismo con EA-EE, resultarán así para l' los valores que indica el gráfico.

Como, en general, se lleva la construcción por pisos, los extremos inferiores de los pilares serán articulados, y los casos más frecuentes AE, A3 y A2, que corresponden al pilar de crujía, de fachada y de esquina, respectivamente.

Para que no se produzca pandeo, ha de ser, dice la "Instrucción", $\frac{l'}{e} < 15$, ó $\frac{l'}{e} < 13$, según se trate de pilares simplemente armados o de pilares zunchados; pero esto se refiere a piezas doblemente

empotradas, por lo que para los otros casos, siendo α el factor correspondiente a cada valor de l , se tendrá:

$$\frac{\alpha l}{e} < 15 \quad \text{ó} \quad \frac{\alpha l}{d} < 13;$$

por ejemplo, para $l' = 1,7 l$, será:

$$1,7 \frac{l}{e} < 15 \quad \text{y} \quad \frac{l}{e} < 8,8.$$

Estos resultados, y los anteriores, se reúnen en el siguiente cuadro, síntesis de lo expuesto:

Disposición de los extremos.

	AA	A1	A2	A3	AE	E1	E2	E3	EE
$l' =$	2 l	1,85 l	1,7 l	1,55 l	1,4 l	1,3 l	1,2 l	1,1 l	l
$\frac{l'}{e} <$	7,5	8,1	8,8	9,7	10,7	11,5	12,5	13,6	15
$\frac{l'}{d} <$	6,5	7	7,6	8,4	9,3	10	10,8	11,8	13

Este cuadro es, ciertamente, un tanto casuístico, pero la economía manda, y como las diferencias son del 10 y del 15 por 100, de considerar al pilar incluído en un caso o en otro, pueden ahorrarse unos cuantos kilogramos de hierro; que no podemos, en la actualidad, despilfarrar. Por ejemplo: para pilares armados en que $\frac{l'}{e} = 11$, resulta el coeficiente de pandeo:

en el caso A2..... $1,7 \frac{11}{e} = 19; \omega = 1,19;$

en el caso A3..... $1,55 \frac{11}{e} = 17; \omega = 1,08;$

valores de ω que difieren en un 11 por 100 y que para pequeñas cargas influye poco en los resultados; pero para grandes, que es donde más interesa, ya es apreciable.

Aun podrían hacerse más uniformes estos valores del cuadro si en el gráfico uniéramos los puntos 2 y 1 por una recta; con ello se aumentaban, en favor de la resistencia, los números intermedios, pero entonces modificaríamos el valor $\sqrt{2}$, dado por la "Instrucción" y entraríamos en terreno vedado; para ello, *doctores tiene la Iglesia...*