Gustavo Sinek L.

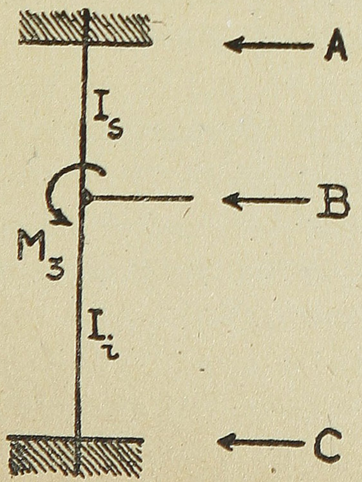
Cálculo aproximado de los pilares extremos en los marcos rígidos según las normas chilenas

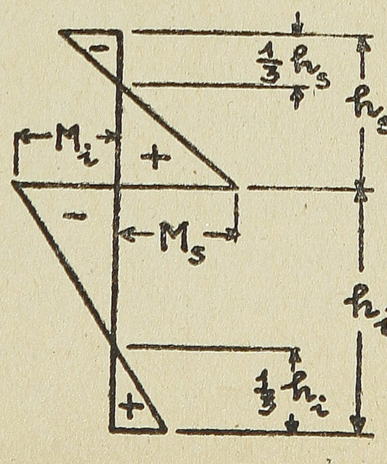
Bajo este título publicó el señor César Barros L. en el número 6 de 1942 de los «Anales» un artículo que el autor califica de «Comentario sobre artículos del ingeniero G. Sinek».

Los incisos primeros del artículo del señor Barros se refieren a mis trabajos: «Fórmulas exactas y simples y cuadros sinópticos para la determinación de la armadura resistente a las fuerzas tangenciales en piezas flexionadas de hormigón armado» y «Determinación de dimensiones de una pieza de sección T de hormigón armado solicitado por un momento y una fuerza axial» (números 6 y 9 de 1941 de los «Anales»). En estos párrafos el «comentario» del señor Barros se ha salido del marco en que debe conducirse una discusión técnica y no creo de interés una respuesta mía sobre este punto.

Lo que sí exige una aclaración es aquella parte del artículo del señor Barros que trata de mi trabajo «El cálculo de los pilares extremos en los edificios y construcciones análogos de hormigón armado. Comentario crítico de las prescripciones correspondientes de las Normas para el cálculo y la construcción de obras de hormigón armado» (véase números 2 y 3 de 1942 de los «Anales»).

El señor Barros ha reconocido—obviamente inducido por las dos etapas del método de Hardy Cross—que la movilidad o inmovilidad en sentido horizontal del nudo formado por la viga y el pilar extremo es de importancia transcendental para





el problema que nos ocupa. Le estoy muy agradecido de haber traído esta cuestión al tapete de la discusión, porque, también bajo este punto de vista, queda corroborada mi advertencia de aplicar las fórmulas de las «Normas» siempre con mucha cautela.

De la figura de las «Normas» se puede desprender sin más, que los apoyos A y C son supuestos indesplazables, pero ni el texto, ni la figura de las «Normas» mencionan o indican algo respecto a una inmovilidad horizontal del apoyo B. En realidad, el autor de las fórmulas de las «Normas» las dedujo de un sistema compuesto de una cantidad infinita de tramos horizontales iguales con cargas variables que actúan alternativamente sobre cada segundo tramo. La inmovilidad horizontal del apoyo B en este sistema es evidente, y por esta razón las fórmulas de las «Normas» suponen tácitamente la inmovilidad. (El señor Barros supuso que yo no tenía presente esta suposición). En mi trabajo elegí dos caminos distintos para deducir las ecuaciones de condición para la validez estricta de las fórmulas de las «Normas», y si no hice mención de la inmovilidad fué por no ser preciso en los métodos aplicados.

Claro está, que la condición de inmovilidad horizontal del apoyo B debe arrojar el mismo resultado. En este caso es fácil deducir, por ejemplo por medio del método de los puntos fijos, las relaciones siguientes:

$$M_s = -M_3 \frac{h'_i}{h'_i + h'_s} \qquad A = \frac{3}{2} \frac{M_s}{h_s}$$

$$M_i = +M_3 \frac{h'_s}{h'_i + h'_s} \qquad C = \frac{3}{2} \frac{M_i}{h_i}$$

$$B = -\frac{3}{2}\left(\frac{M_s}{h_s} + \frac{M_i}{h_i}\right)$$

En las ecuaciones precedentes representan

$$h'_s = \frac{h_s}{I_s} \quad \text{y} \quad h'_i = \frac{h_i}{I_i}$$

los valores recíprocos de las rigideces de los sectores h_s y h_i.

Los puntos en que se anulan los momentos están indicados en la figura. Los signos de los momentos en la figura corresponden a un momento M_3 negativo de por sí.

Suponiendo la inmovilidad de los apoyos A y C tenemos que averiguar las condiciones bajo las cuales el apoyo B no ejerza un movimiento de translación horizontal. Esto tendrá lugar en dos casos que se analizarán a continuación.

Caso I. El apoyo B queda en reposo en el sentido horizontal, si en el sistema que nos ocupa el pilar extremo opuesto del piso produce una reacción igual y opuesta a B. Este caso sucederá, cuando se trata de una estructura simétrica sobre la cual actúa a la vez una carga simétrica. Es un caso tan evidente y tan trivial, que se me olvidó mencionarlo en mi trabajo. Y esta omisión—que reconozco sin más—dió motivo al señor Barros a su crítica despreciativa de todo mi trabajo.

Caso II. El apoyo B no ejerce movimiento horizontal, si la resistencia de los segmentos h_s y h_i imposibilita tal movimiento. La condición analítica para este caso es B = O. Debe ser, pues:

$$-\frac{M_s}{h_s}=\frac{M_i}{h_i}$$

y, en consideración de los valores M_s y M_i antes calculados, es

$$\frac{M_3}{h_s}\,\frac{h'_i}{h'_i+h'_s}=\frac{M_3}{h_i}\cdot\frac{h'_s}{h'_i+h'_s},$$

o reducido

$$\frac{h'_i}{h'_s}=\frac{h_s}{h_i},$$

lo que expresa: una acción sobre el apoyo B y por eso una translación en dirección B se anula, cuando las rigideces de los sectores h_s y h_i sean proporcionales a las alturas correspondientes. En su artículo sostiene el señor Barros erróneamente, que este caso tiene lugar, cuando «las rigideces de los pilares superiores e inferiores sean iguales».

De nuestra última ecuación resulta, sustituyendo en ella los valores de las rigideces:

$$\frac{I_s}{h_s^2}=\frac{I_i}{h_i^2}=k,$$

relación. que es idéntica con las ecuaciones de condición (13) de mi trabajo.

Cabe, por fin, hacer una breve observación sobre lo que dice el señor Barros en el curso de su artículo respecto al método de Mueller-Breslau. El señor Barros denomina este método «Método de Fuerzas» y lo pone en contraste con otros métodos conocidos que emplean las deformaciones para resolver problemas hiperestáticos. Atendido que las fuerzas hiperestáticas están en íntima conexión con las deformaciones, tal contraste no puede existir. En efecto, Mueller-Breslau dedujo sus famosas ecuaciones de elasticidad del «Principio de los desplazamientos virtuales» de Maxwell; y por supuesto pueden calcularse sin más, por medio del mismo método de Mueller-Breslau, no solamente las fuerzas hiperestáticas sino también las deformaciones giratorias y translatorias. No sé por qué razón el señor Barros se aferraba tanto al método de Mueller-Breslau que apliqué accidentalmente, y entiendo tanto menos su insistencia cuanto que deduje en mi trabajo las ecuaciones de condición (13) también por otro camino (véase «Anales» de 1942, página 91). Inducido por los reparos del señor Barros procedí en el presente artículo de una tercera manera. Parece que el señor Barros atribuye a los métodos para resolver un problema mayor importancia que al problema mismo. Mi antiguo profesor y jefe estimado Rodolfo Saliger solía decir: «El planteamiento exacto y aislamiento de un problema es la cuestión crucial; el método para resolverlo, un asunto secundario». El problema que me interesaba era averiguar, ¿qué condiciones deben cumplirse en el caso general, en el sistema fijado por las «Normas» para que las fórmulas de las «Normas» arrojen los mismos resultados que el cálculo exacto?