

entrar en funcionamiento el electroimán receptor e iniciar la acción del freno, motiva también que entre en juego un avisador acústico sobre la locomotora, que llama la atención al maquinista para que apoye sobre el botón y mueva él la palanca de freno, sin que el aparato lleve a término automáticamente su maniobra.

Desde luego, la disposición de este sistema obliga a que, si una avería en el contacto de la señal o en su unión eléctrica a los electroimanes de vía, ocasiona falta de corriente, los aparatos funcionen como para señal cerrada.

Por acuerdo tomado en diciembre de 1933, el sistema Signum se debe aplicar a las señales avanzadas de todas las líneas electrificadas de los ferrocarriles federales suizos.

SISTEMA ÓPTICO.

Nos referimos al sistema Bäseler-Zeiss, ensayado en Alemania, y que aunque no alcanzó la generalización del inductivo antes citado, merece que se le recuerde por lo curioso del principio que lo informa.

Se funda este principio en la variación que experimenta la resistencia eléctrica del selenio con la distinta intensidad luminosa a que se le somete. Aprovechando esta propiedad, se han ideado los aparatos cuya constitución y funcionamiento es como sigue:

Sobre la locomotora va un proyector (fig. 6.) que lanza constantemente hacia arriba un rayo luminoso. En el mástil de la señal, un reflector, colocado a conveniente altura, cambia de posición según que la señal

indique vía libre o cerrada. En este último caso, el reflector devuelve sobre el proyector el rayo de luz que éste le envía al paso de la locomotora, y el rayo reflejado viene a incidir sobre un elemento de selenio que, por la variación de la intensidad luminosa sufrida, cierra el circuito eléctrico que sirve para producir sobre la locomotora los efectos deseados. Este circuito, lo mismo que la lámpara de incandescencia del proyector, se alimenta por la turbo-dinamo del alumbrado de la locomotora.

Se comprende que la luz que emite el proyector debe tener una modalidad que la diferencie de la luz natural, para evitar que ésta pueda producir sobre el selenio la misma variación que aquélla, y esta modalidad se consigue por un disco perforado que, girando a gran velocidad y atravesado por la luz del proyector, causa en esta luz un número grande de pulsaciones. Pero aun con este recurso y graduando la dirección del rayo de luz para que no se confunda su efecto con el del sol, queda expuesto el sistema a la influencia de la luz natural, que si en la misma Alemania resultaba perjudicial, más lo sería en países meridionales. Por otra parte, lo mismo el proyector que el reflector quedan muy sujetos a la acción de los agentes atmosféricos, dando por ello lugar a parecidos inconvenientes que los sistemas de contactos eléctricos.

En el número próximo nos ocuparemos de los sistemas "automatic train control" y "cab-signal" de los americanos.

Francisco WAIS
Ingeniero de Caminos.

Sobre esfuerzos secundarios

Vamos a tratar en el presente artículo de los que se producen en las estructuras metálicas. Nada podemos decir respecto a su cálculo, pues está explicado en el texto de D. Domingo Mendizábal, y ampliado su detalle en unos artículos que publicó la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS en el año 1931, firmados por don José Juan Aracil.

Tanto en el texto citado, como en los artículos, existen unas conclusiones, que fueron enunciadas por Waddell, como resultado de largos estudios. De éstas, hay una que por su concisión y sencillez, encierra una sugerencia; copiada literalmente dice así: Como valor aproximado se puede indicar que la relación de los esfuerzos secundarios a los principales, en las vi-

gas Pratt, Howe, Warren, etc., es $3,5 \frac{b}{l}$ en tanto que si a este último tipo se añaden montantes, llega hasta $5,00 \frac{b}{l}$ (l es la luz y b la distancia entre la fibra neutra y el borde más alejado).

Si tenemos una aproximación de los esfuerzos secundarios. ¿Por qué no utilizarla y calcular las estructuras teniéndolos en cuenta? Desde luego si así lo hacemos estaremos más cerca de la realidad física de la estructura, en la parte referente al trabajo de los materiales; pero no es esta la principal ventaja,

sino que existe un aumento en la carga de trabajo de los materiales, que llega hasta el 33 por 100 en las vigentes Instrucciones para cálculo de tramos y estructuras metálicas, que podemos aprovechar.

Haremos el estudio de la carga admisible en el cálculo, teniendo en cuenta estos esfuerzos perturbadores, haciendo variar la esbeltez aparente de la pieza, que es la relación entre la luz y el ancho de la barra, medido en el plano de la estructura.

Para la confección de gráficos o tablas, hay una condición en los Catálogos de Perfiles laminados que la facilita. Es la existencia de relaciones casi constantes entre las diversas secciones del mismo tipo.

Estudiemos el caso de sección I a tracción.

Notación: Fuerza de tracción. . . F
longitud. l
ancho de la sección. . . a
esbeltez aparente $K = \frac{l}{a}$

El esfuerzo secundario es, para el tipo general de estructura, $3,5 \frac{b}{l}$ del principal, siendo b la distancia entre la fibra neutra y el borde más lejano de la sección.

Evidentemente $b = \frac{a}{2}$ y el esfuerzo secundario es al principal como

$$3,5 \frac{\frac{a}{2}}{l} = 3,5 \times \frac{\frac{l}{2K}}{l} = \frac{3,5}{2K}$$

La carga verdadera del material laminado es 1.100 kg./cm.², que, aumentada en un 33 por 100, como permite la Instrucción cuando se tienen en cuenta los esfuerzos secundarios, vale

$$1,33 \times 1.100 = 1.463 \text{ kg./cm.}^2$$

Si llamamos σ a la carga aparente, que utilizaremos en los cálculos, se debe verificar que

$$\sigma + \frac{3,5}{2K} \sigma = 1.463,$$

o sea

$$\sigma = \frac{1.463}{1 + \frac{3,5}{2K}} \quad [1]$$

para que la carga efectiva del material sea 1.463 kg./cm.²

Esta expresión [1] da la carga de cálculo admisible, no sólo para vigas en I, sino para todas las secciones que tienen simetría respecto a dos ejes perpendiculares, tales como vigas en cajón, etc.

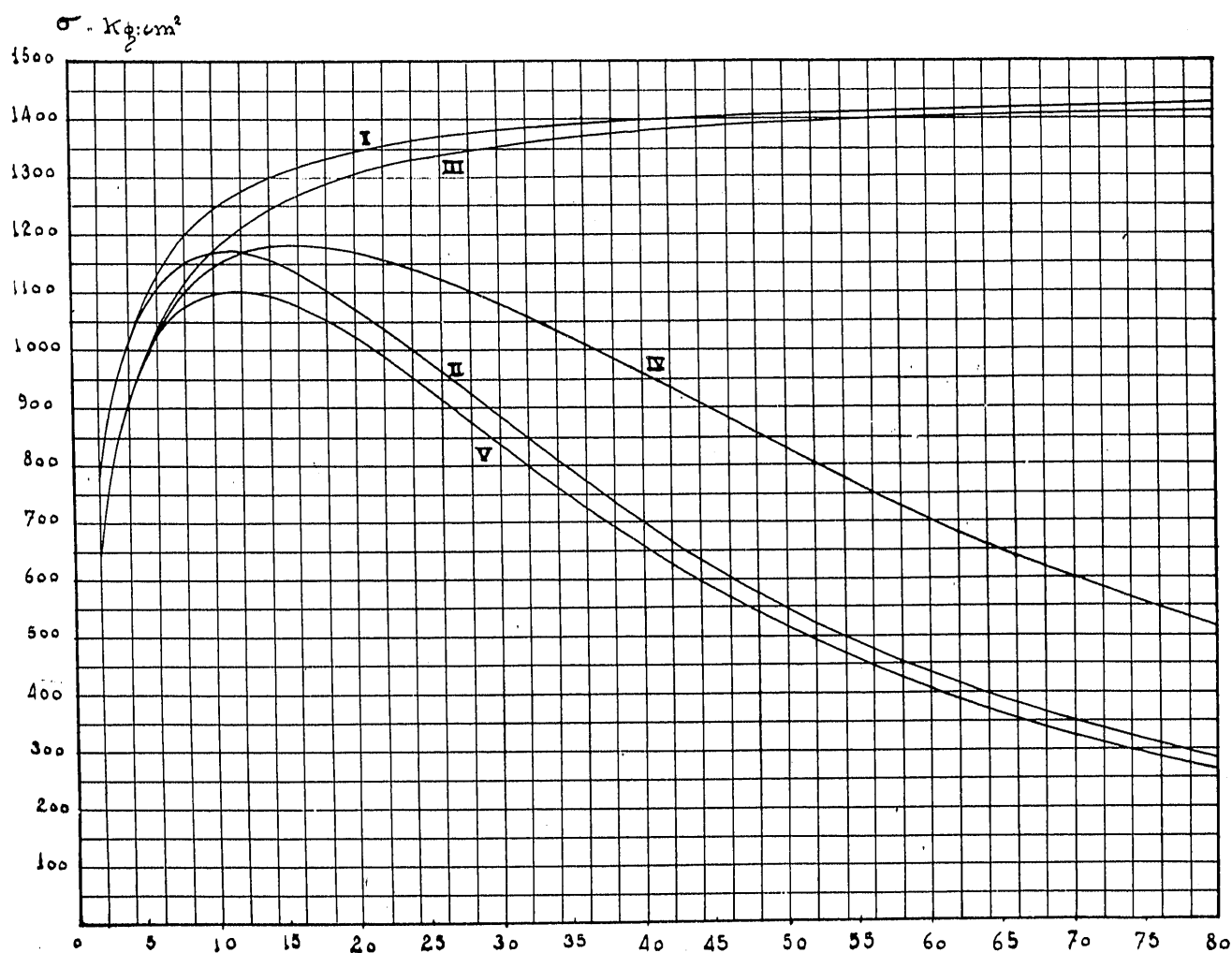
Estudiemos ahora la compresión. La carga de cálculo deducida para la tracción vendrá disminuída por causa del pandeo. La Instrucción aconseja que la carga se divida por un coeficiente que vale

$$1 + M \times N \times \frac{l^2}{r^2}$$

siendo $M = 1/4$ si la pieza está empotrada en sus dos extremos, que es cuando se producen los esfuerzos secundarios de que tratamos, y $N = 0,0001$ para el acero dulce laminado, que es el que se suele emplear en las estructuras, l la luz y r el radio de giro mínimo de la sección.

Hemos de aprovecharnos que, para los perfiles laminados, la relación *ancho : radio de giro mínimo* de las secciones I es casi constante, y vale 5 aproximadamente. Si llamamos k a la relación $\frac{l}{a}$, es evidente que

$$\frac{l}{r} = \frac{l}{a} \times \frac{a}{r} = K \times 5; \text{ así, pues, el co-}$$



Relación luz: ancho de la viga

I, sección con dos ejes perpendiculares de simetría, a tracción; II, doble T, a compresión; III, angulares a tracción; IV, doble angular L , a compresión; V, un solo angular, a compresión.

eficiente de reducción será

$$1 + \frac{1}{4} \times 0,0001 \times K^2 \times 25 = 1 + \frac{K^2}{1.600};$$

o sea

$$\sigma = \frac{1.463}{\left(1 + \frac{3,5}{2K}\right)\left(1 + \frac{K^2}{1.600}\right)} \quad [2]$$

Ya tenemos hecho el estudio para tracción y compresión en perfiles I; hagámosle también para secciones de angulares. Hay algo que varía del cálculo anterior de tracción, y es que la distancia de la fibra neutra al borde más alejado no es la mitad del ancho, sino 0,70 del mismo, aproximadamente, con valores poco diferentes para angulares de lados iguales o desiguales. Repitiendo los cálculos, sale la fórmula

$$\sigma = \frac{1.463}{1 + \frac{2,45}{K}} \quad [3]$$

Veamos ahora los angulares a compresión. Sólo nos ocuparemos de los angulares de lados iguales, pues se hace escaso uso de los de lados desiguales, y no compensa hacer su estudio.

Cuando la sección se constituye de dos angulares, el cociente *ancho : radio de giro* vale aproximadamente 3,3, y entonces

$$\sigma = \frac{1.463}{\left(1 + \frac{2,45}{K}\right)\left(1 + \frac{K^2}{3.680}\right)} \quad [4]$$

Hemos de observar que el radio de giro no es en este caso el mínimo de un angular, sino el correspondiente a la dirección en que el conjunto de la barra puede pandear.

Cuando es un solo angular, el radio de giro es el mínimo correspondiente, y la relación *ancho : radio de giro mínimo* viene a valer 5,2, quedando como expresión de la carga de cálculo

$$\sigma = \frac{1.463}{\left(1 + \frac{2,45}{K}\right)\left(1 + \frac{K^2}{1.480}\right)} \quad [5]$$

Estas fórmulas, representadas gráficamente en el dibujo, indican los coeficientes de trabajo en función de la relación *luz : ancho*, o esbeltez aparente.

Cuando se trata de vigas armadas, se puede dar a éstas un espesor en el alma que sea dos tercios del espesor de las alas, análogamente a los espesores de los perfiles laminados, y poner los angulares de unión a sentimiento.

Hagamos un ejemplo, para concretar:

Luz, 3,75 m. Compresión de 821 toneladas. Perfil I.

Pondremos $K = 10$, punto en que se tiene una

elevada carga de trabajo, 1.165 kg./cm.²; el ancho de la barra será $\frac{3,75}{10} = 0,375$ m. Sección necesaria, $\frac{821}{1.165} = 704$ cm.²

Si ponemos cuatro angulares de $150 \times 150 \times 18$, cuya sección es $4 \times 51 = 204$ cm.², harán falta $704 - 204 = 500$ cm.² de sección de alas y alma.

Proporcionando la altura de la doble T a la de los perfiles laminados, daremos una altura de 1 m. Expresemos ahora que la suma de las áreas de las alas y el alma, cuyos espesores son e y $\frac{2}{3}e$ suman 500 cm.²

$$2 \times 37,5 e + \frac{2}{3} e \times 100 = 500$$

$$e = 3,55 \text{ cm.} \quad \frac{2}{3} e = 2,37 \text{ cm.}$$

Ya tenemos constituido el perfil, que se puede rectificar, en el sentido de hacerlo más constructivo, dando un espesor a las alas de 3,6 cm. y al alma de 2,4 cm.

Hecha la comprobación de este perfil, se ve que la relación *ancho : radio de giro mínimo* vale 4,88 en vez de 5, como habíamos supuesto, dando idea del escaso error con que aun en estos casos de vigas armadas, existen en las relaciones de dimensiones de los perfiles.

Ya con los gráficos a la vista podemos hacer comentarios. Desde luego con las cargas que se indican en el gráfico, el trabajo teórico del material es el máximo compatible con la Instrucción, en una primera aproximación. Las estructuras de pequeña importancia se calculan suponiendo que los nudos están articulados y con una carga máxima de 1.100 kg. cm. Si se usan los valores del gráfico estamos más en la realidad, pues tenemos algo en cuenta los valores de los esfuerzos secundarios, y un coeficiente de trabajo más elevado. Las grandes estructuras se calculan en la hipótesis antes dicha y luego se hace la determinación de los esfuerzos secundarios, rectificando las secciones de aquella si el trabajo del material fuera excesivo hasta que, por tanteo, se llega a la solución definitiva. También en este caso es conveniente calcularla con los gráficos presentes, pues tenemos en cuenta los esfuerzos secundarios, aunque sólo aproximadamente, lo que implica que las rectificaciones serán menores.

Surgen algunas observaciones del examen de las curvas, tales como la conveniencia de las secciones de doble angular para la compresión, que para este caso la esbeltez aparente más ventajosa es alrededor de 16... etc., pero la más interesante es que para tracciones en barras largas, se puede cargar el acero a más de 1.400 kg. cm.², lo que constituye una sensible economía.

Antonio ANGULO,
Alumno de 5.º año de la Escuela
de Caminos.