

Subvenciones, 8 301 086; y contando las de Compañías anteriores, hay que agregar otros 44 421 199 pesetas, más una extraordinaria de 10 900 200 por la línea de Bobadilla a Algeciras.

Sur de España.—Capital desembolsado, pesetas 23 240 000. Subvenciones, 33 304 105.

Central de Aragón.—Capital desembolsado, pesetas 19 943 000. Subvenciones, 25 000 000.

El interés público tiene en las actuales Compañías una participación de capital mayor de lo que a primera vista parece.

Con subvenciones en proporción al coste actual e inferiores a las reseñadas, puede hacerse, si el Estado vuelve al régimen de empresa, todo el plan de la Comisión de Iniciativas, cosa que no ocurre con los ferrocarriles regionales y locales, que requieren, relativamente, un mayor auxilio, y aun así es de temer una explotación ruínosa por la competencia de las carreteras, cada vez más eficaz. Conviene no olvidar que el problema es de *explotación* más que de *construcción*.

Al Sr. Ucelay le parecen pequeños todos los pueblos de Castilla; no coincide en este punto con sus paisanos, que estiman muy rica la zona de Santo Domingo de la Calzada y Nájera, según se desprende del informe presentado por la Cámara de Comercio de Bilbao, y no creemos haya español que conozca los partidos judiciales de Carrión de los Condes, en Palencia, y Castrogeriz, en Burgos, que estime insignificantes estas poblaciones, y las de Sahagún,

Melgar, Osorno y otras, como tampoco lo es Aranda de Duero, ni Lerma, ni Riaza, afectados por el ferrocarril nacional Madrid-Burgos.

Afortunadamente, la Comisión cuenta con numerosas y valiosísimas adhesiones de toda España: tiene el apoyo incondicional de Guipúzcoa, Alava, Santander, Asturias, Vigo y numerosas entidades oficiales y particulares de Bilbao, Logroño, Madrid, Córdoba, Málaga, Galicia, Zaragoza, Valencia, Ciudad Real y Cataluña. Actualmente estudia la Comisión la conveniencia de reunir parte de estos documentados informes en un folleto, y si a ello se decide, tendrá ocasión el Sr. Ucelay de darse cuenta de nuestra afirmación anterior de que los intereses de Burgos son los de España entera.

Hemos recogido algunas observaciones del artículo del Sr. Ucelay, algo incoherente y desarticulado, como si la visión desde lo alto hubiese sido un poco rápida y no le diese tiempo a completar su pensamiento; mas por eso no dejamos de estimar sinceras las manifestaciones de *notable* que hace del trabajo de la Comisión, y no podemos considerar como festivas ni despectivas otras relacionadas con importantes ferrocarriles que interesan a toda España, pues la seriedad y competencia del Sr. Ucelay nos obliga a creer haya sido otra su intención, ya que no es presumible esgrimiese, aun teniendo criterio contrario en algunos puntos a la Comisión, armas de tan escasa eficacia. Creemos noblemente ha sido una desarmonía motivada, quizá, por la precipitación.

Luis R. ARANGO
Ingeniero de Caminos

Forjados con nervios, de hormigón armado

La estructura monolítica, constituida por un forjado con nervios y sustentada merced al empotramiento de éstos en sus extremos, es de frecuente empleo formando parte de las construcciones de hormigón armado, como suelos, cubiertas, etc. Es, en esencia, un sólido plano en que la masa se hubiera ido concentrando según alineaciones rectas, determinando nervaduras que producen un aumento de resistencia por el incremento considerable del momento de inercia de la sección del sólido. Esta estructuración de la masa da lugar a la formación de vanos parciales salvados por el forjado, el cual forma cuerpo único con los nervios, coadyuvando a su resistencia en una anchura variable a la que ordinariamente se fija un valor máximo, definido por el mínimo de los valores de tres cantidades dependientes de las restantes de la sección transversal.

El forjado trabaja aisladamente, como pieza empotrada en sus extremos, donde se colocan cartelas de unión con los nervios; de la misma manera, en el arranque de éstos se forman unas fuertes cartelas, que tienen por objeto la absorción del mayor momento flector y la realización del empotramiento en debidas condiciones. Así definida en su disposición la estructura y fijada de antemano la conveniente separación de nervios, el cálculo empieza por determinar el espesor del forjado, que es la única incógnita lineal que en él se presenta, por suponersele polarizado en la unidad de anchura; dicha incógnita, así como el

valor de la cuantía q , se hallan por las fórmulas del cálculo inductivo de piezas rectangulares una vez fijadas las cargas de trabajo, H del hormigón y A de la armadura, supuesto conocido el valor del momento flector M ; de igual manera se procede en el cálculo de los nervios, utilizando las mismas fórmulas de piezas rectangulares por suponerse, como es lo corriente en el género de construcciones a que nos estamos refiriendo, que la cabeza de compresión en la zona central está exclusivamente formada por el forjado; esto es, que la fibra neutra cae dentro de él, y que el hormigón trabaja en la fase φ con resistencia a la tracción nula.

La disposición para la resistencia a los momentos flectores positivos de nervios y forjado es, como se ve, completamente distinta, pues así como en el último la anchura se mantiene constante en todo el espesor, en los primeros el ancho pasa del eficaz en la cabeza de compresión, L , al espesor a del alma, el que puede reducirse al preciso para la resistencia a las cargas tangenciales y para el debido alojamiento de las armaduras inferiores que han de absorber los esfuerzos de tracción; se obtienen con esto las ventajas de la desaparición del hormigón, que para nada contribuye a la resistencia. Ahora bien: en los cálculos se acostumbra a fijar para valores de A y de H las cargas límites prácticas de resistencia de los respectivos materiales; toda variación de las cargas de trabajo, dentro de los límites respectivos, trae como

consecuencia una variación de las secciones de hierro y de hormigón al variar con ellas el peralte de la pieza; estas variaciones se producen en orden inverso, y teniendo en cuenta los precios respectivos de ambos materiales, cabe combinarlas de modo a obtener la máxima economía. Así, en el caso que nos ocupa, la combinación debe ser distinta, pues mientras en los forjados se incrementa o reduce el espesor en toda la anchura, en los nervios, por el contrario, la variación afecta solamente al alma, que tiene un espesor igual a la octava parte del ancho eficaz, como mínimo, siendo este ancho el de la pieza rectangular sometida al cálculo; ya se deja entrever aquí la conveniencia de forzar el peralte del nervio en la zona central a cambio de la mayor economía en la disminución de la armadura, lo cual presenta además las ventajas de la posibilidad de aumento del ancho eficaz y la de reducción del espesor del alma, y ya veremos más adelante cómo se prepara de esta manera la mejor formación de la cartela. Por lo dicho no podrá objetarse nada contra la solución que, además de ser económica, presenta otras muchas ventajas, salvo las condiciones especiales del caso particular que podrán imponer un determinado tipo en forma y dimensiones; y ahora sólo falta valerse de la virtud del cálculo, de precisar y definir lo que intuitivamente sólo puede preverse pero no medirse.

Sean, utilizando las notaciones del Sr. Zafra, P_h el precio del metro cúbico de hormigón y P_a el del kilogramo de armadura, c el canto y a la sección de

la armadura; el precio del metro cuadrado de forjado vendrá dado por la siguiente expresión:

$$P = \frac{c + 2,5}{100} \times P_h + q \times 100 \times c \times 100 \times 10^{-3} \times P_a \times 7,8 = P_h \times \frac{c + 2,5}{100} + 78a \times P_a$$

en la que c viene expresando en centímetros y a en centímetros cuadrados; ahora bien:

$$c = \frac{A + 15H}{15H} \sqrt{\frac{30}{A + 10H}} \sqrt{\frac{M}{a}}$$

y

$$d = q \times c = \frac{H}{2A} \sqrt{\frac{30}{A + 10H}} \times \sqrt{\frac{M}{a}}$$

(Zafra, pág. 151), valores que sustituidos en la expresión de P , dan

$$P = \left(\frac{A + 15H}{15H} \sqrt{\frac{30}{A + 10H}} \times \sqrt{\frac{M}{a}} + 2,5 \right) \times \frac{P_h}{100} + \frac{H}{2A} \times \sqrt{\frac{30}{A + 10H}} \times \sqrt{\frac{M}{a}} \times 78P_a$$

Ahora bien: una de las cargas ha de igualar al límite práctico de resistencia del material correspondiente, pues de lo contrario el forjado no sería el más económico ya que podríamos disminuir el canto, con la misma armadura, aumentando las cargas de trabajo.

Sea, por tanto, en primer término, H una cantidad constante fijada con la condición anterior; entonces la condición de mínimo de P da

$$\frac{dP}{dA} = 0 = \left[\frac{1}{15H} \times \sqrt{\frac{30}{A + 10H}} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{30}{A + 10H}} \times \frac{30}{(A + 10H)^2} \times \frac{A + 15H}{15H} \right] \times \frac{P_h}{100} + \left[-\frac{1}{2} \sqrt{\frac{30}{A + 10H}} \times \frac{30}{(A + 10H)^2} \times \frac{H}{2A} - \frac{2H}{4A^2} \times \sqrt{\frac{30}{A + 10H}} \right] \times 78P_a$$

y simplificando:

$$\frac{P_h}{100} \left[\frac{1}{15H} - \frac{1}{2(A + 10H)} \times \frac{A + 15H}{15H} \right] - 78P_a \left[\frac{H}{2A} + \frac{2H}{4A^2} \times \frac{1}{2(A + 10H)} \right] = 0$$

ecuación que puede ponerse bajo esta otra forma final:

$$\frac{P_h}{100 \times 15H} (A + 5H) - 78P_a \frac{H(3A + 20H)}{4A^2} = 0$$

Haciendo $\frac{P_h}{P_a} = k$ y dividiendo por P_a , el valor de la incógnita A queda determinado por la intersección de la recta

$$y = \frac{k}{1500H} (A + 5H)$$

y la curva de ecuación

$$y = 78 \frac{H(3A + 20H)}{4A^2}$$

que se obtiene por la división de las ordenadas de la recta del numerador por las de la parábola, de eje el de las y es, del denominador.

Para distintos valores de k , la primera ecuación representa una familia de rectas, que cortan todas

ellas al eje de las x en el punto de abscisa $x = -5H$.

Para $H = 45 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ se obtiene la curva dibujada (figura 1.a) y para $P = 100$ y $P = 1$ pesetas, $k = 100$, la recta representada en la misma figura, que determina un valor de A aproximadamente igual a $1200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, que es la carga práctica. Es decir: que

en este caso conviene mantener en sus límites prácticos respectivos las dos cargas de trabajo.

Nótese que dicho valor de A , anteriormente determinado, nos da un coste mínimo, pues la derivada pasa por cero de negativa a positiva.

En la fijación del precio del metro cúbico de hormigón debemos tener en cuenta que para pequeñas variaciones del peralte el coste del encofrado es prácticamente constante, y que, por tanto, el valor de P debe ser ligeramente superior al precio del metro cúbico de hormigón puesto en obra y sin incluir los moldes.

No insistiremos más sobre el cálculo del forjado por ser éste un caso de suma sencillez; sólo sí deberá

en ocasiones tenerse en cuenta lo que más adelante decimos refiriéndonos a los nervios como piezas empotradas y de momento de inercia variable.

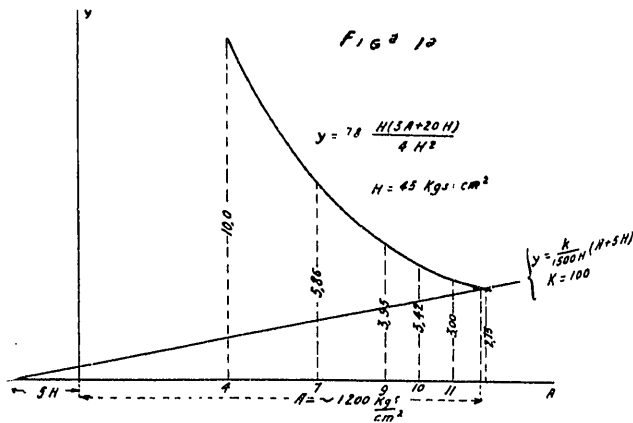


Fig. 1.a

Pasando ya al cálculo de éstos, la condición de máxima economía estudiada en el forjado se traduce en este caso por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{k}{1500H} (A + 5H) \times a = 78 \frac{H(3A + 20H)}{4A^2} \times L.$$

tomando para $\frac{L}{a}$ el valor de 5 y para k el de 100, ya fijado, resulta, como debía ser, un valor de A

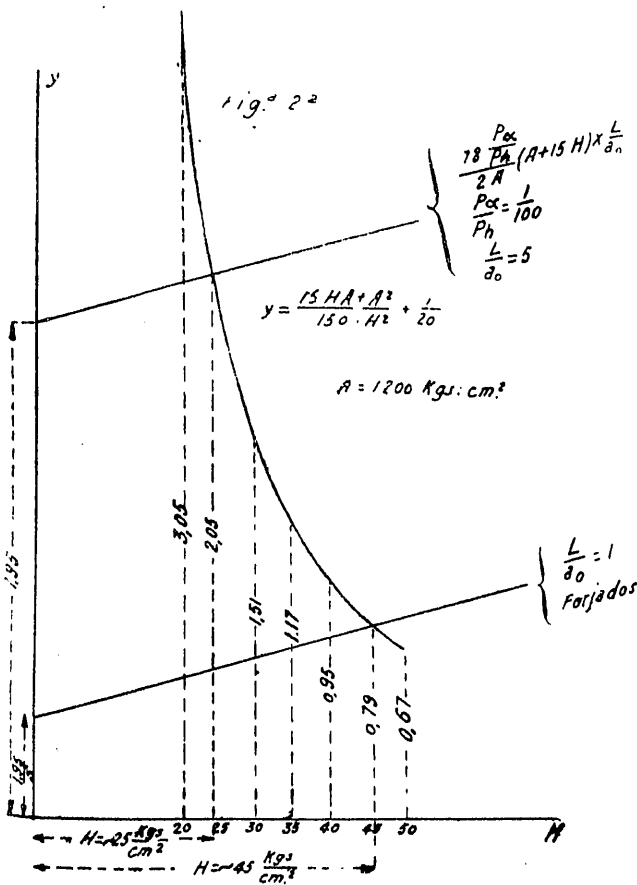


Fig. 2.a

muy superior a la carga práctica, lo que nos indica la conveniencia de la disminución del valor de H .

Haciendo entonces A constante y derivando respecto a H , se obtiene como anteriormente:

$$\frac{78}{k \times 2A} (A + 5H) \times \frac{L}{a} = \frac{1}{20} + \frac{15HA + A^2}{1500H^2}.$$

Esta ecuación se resuelve en la figura 2.a para $A = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, resultando que el valor más conveniente de H es de $25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ aproximadamente, que difiere bastante de los $45 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, que representan el límite práctico adoptado. Si $\frac{L}{a} = 1$ (forjados), volvemos a obtener como comprobación el resultado de la figura primera.

Con la ayuda de este gráfico puede determinarse con suma sencillez la carga conveniente para distintos valores de k y de $\frac{L}{a}$.

La disminución del valor de H con relación al del límite práctico trae consigo un aumento del peralte y una disminución de la armadura; el gráfico de la figura 3.a traduce estos resultados: si la armadura a y su carga de trabajo n_a se mantuvieran constantes, al pasar el canto de c a c_1 la carga de trabajo del hormigón pasaría de n a n_2 de tal modo, que el área de compresión se mantuviera constante; pero al aumentar el peralte se ha aumentado el brazo de palanca y el equilibrio exige la disminución de las resultantes de tracción y compresión; n pasa, por tanto, a $n_1 < n_2$, y como n_a queda invariable, habrá de disminuir la cantidad de armadura, teniéndose $a_1 < a$; esta disminución de la armadura debe arrojar la mayor economía con relación al incremento en la cantidad de hormigón, pero no siempre este incremento será positivo, ya que en la fórmula hemos supuesto a constante y en la práctica puede disminuirse notablemente en el segundo caso, obteniéndose con esto una economía además de hormigón, como más adelante veremos prácticamente.

En los arranques, la sección rectangular objeto del cálculo que se halla peraltada merced a la cartela, se mantiene en toda su altura de un ancho constante igual a a ; las cargas de trabajo deben ser entonces, como se ha visto, los límites prácticos de resistencia de ambos materiales, lo que contribuye además a la reducción del peralte que ha de absorber con un ancho reducido un momento flector sumamente incrementado, como ahora veremos.

Si la pieza fuera de sección constante, la ley de va-

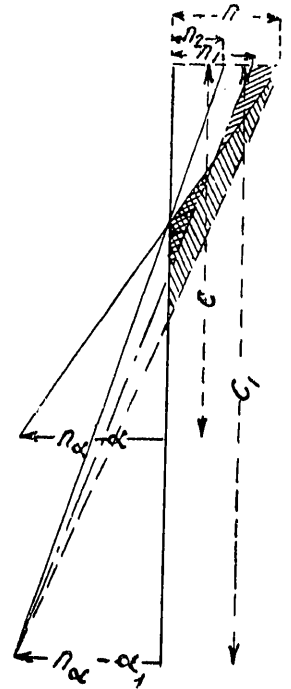


Fig. 3.a

riación de los momentos flectores vendría dada por la clásica parábola:

$$M = \frac{1}{2} plx - \frac{1}{2} px^2 - \frac{1}{12} pl^2$$

(Granda, pág. 323), que es la de los momentos isostáticos desplazada en el valor de

$$\left(\frac{1}{8} - \frac{1}{24}\right) pl^2 = \frac{1}{12} pl^2$$

momento en las secciones de empotramiento. Pero la cartela obliga a considerar la variación del momento de inercia y su estudio puede hacerse por cualquiera de los métodos de la Mecánica elástica. Así se ve fácilmente, aplicando el teorema de Castigliano, que el valor de la componente hiperestática m de la reacción en el apoyo, viene dado por la siguiente expresión:

$$m = \frac{\int_0^l Mr dl}{\int_0^l r dl}$$

en que M es el momento isostático y r la relación entre el momento de inercia tomado como patrón y el momento de inercia de la sección en el punto que se considera. Esto trae como consecuencia un desplazamiento mayor de la parábola, lo que obliga a adoptar un coeficiente mayor del $\frac{1}{12}$ para el momento flector en los apoyos. Así, en el ejemplo estudiado por el Sr. López Franco (*Congreso de Ciencias de Salamanca*, páginas 55 y siguientes), calculados gráficamente los valores de dichas integrales, el momento flector se elevó de 1 667 a 1 923 kg por m, o sea en la relación de $\frac{1\ 923}{1\ 667} = \sim \frac{6}{5}$. Como el caso estudiado responde bastante bien a las dimensiones corrientes, se tendrá una aproximación suficiente en los casos prácticos con adoptar el coeficiente $\frac{1}{10}$, con lo que la ecuación de la parábola de los momentos flectores resulta:

$$M = \frac{1}{2} plx - \frac{1}{2} px^2 - \frac{1}{10} pl^2$$

que da en el centro un momento flector de $\frac{1}{40} pl^2$ (en los cálculos tomamos $\frac{1}{30} pl^2$ para mayor seguridad). Esta parábola (fig. 4.^a) corta aleje de las x en puntos de abscisas

$$x = \frac{5pl \pm \sqrt{25p^2l^2 - 20p^2l^2}}{10p} = \frac{l}{2} \left(1 \pm \frac{1}{\sqrt{5}}\right) = \begin{cases} 0,7235l \\ 0,2765l \end{cases}$$

Resulta, por tanto, que el momento flector en los arranques de una pieza empotrada con cartela ordinaria es equivalente al máximo debido a las entargas en piezas de momento de inercia constante. (Véase el artículo anterior) (1).

El cálculo de la sección central del nervio obliga

a hacer algún tanteo por depender el ancho eficaz de las restantes dimensiones: fijadas las cargas de trabajo A y H , según lo expuesto, se determinan los valores del canto c y de la cuantía q , y de aquí se deduce el de la sección a de armadura.

La dificultad se presenta al pasar a la sección de arranque donde hay que equilibrar a un momento

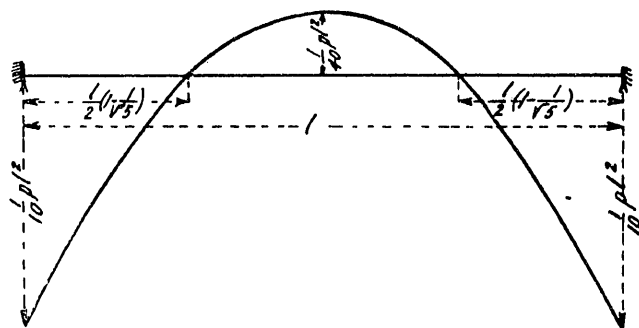


Fig. 4.^a

flector tres veces mayor; pero el problema se resuelve fácilmente haciendo la armadura disimétrica, lo que presenta además la ventaja de reforzar debidamente la cartela.

Si en las fórmulas del cálculo inductivo de piezas rectangulares hacemos f' (profundidad de la armadura comprimida) igual a $m \times l$, resulta

$$\varphi' = m \times \varphi = m \times \frac{15H}{A + 15H};$$

$$q = \frac{a}{ac} = \frac{15H^2}{2[A - 15(1 - m) \times kH](A + 15H)}$$

y

$$\mu = \frac{M}{qac^2} = \frac{M}{ac} = \frac{A(A + 10H) + 2 \times 15(1 - m) \times kH^2}{(A + 15H)}$$

las dos últimas ecuaciones se pueden poner de la siguiente forma:

$$\frac{1}{ac} = \frac{1}{aa - ba'} \quad \text{y} \quad \frac{M}{c} = a'a + b'a'$$

y dividiendo la segunda por la primera se obtiene

$$M \times a = (a'a + b'a') \times (aa - ba'); \quad a = \frac{aa - ba'}{c}$$

en que los coeficientes a , b , a' y b' son funciones de los valores de A y de H , fijados de antemano, e iguales a los límites prácticos.

Estas dos expresiones ligan entre sí todas las indeterminadas de una manera sencilla y nos dan el medio de proyectar la pieza rapidísimamente en las condiciones debidas: el valor de a debe ser aproximadamente el calculado en la sección central, bajando a ella todas las barras, sin perjuicio de que exista alguna que recorra el trasdós sirviendo de apoyo o referencia a los cercos; el valor de c debe ser, a lo sumo, ligeramente superior al doble del canto en la sección central, para no dar lugar a cartelas demasiado robustas y al aumento excesivo del momento de inercia, lo que falsearía la hipótesis del coeficiente $\frac{1}{10}$ para el momento flector en la sección de arranque; por otra parte, el intradós de la cartela no

(1) REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, núm. 2 431, pág. 258.

debe presentar una fuerte inclinación por conveniencia de transmisión de esfuerzos y de no exagerar la presión máxima *maximorum*, paralela al paramento y que vale $h(1 + \beta^2)$ (Lévy), siendo β la tangente del ángulo de inclinación; ésta deberá estar comprendida entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{3}$. Todo esto nos confirma la ventaja, indicada más arriba, del aumento del peralte en la sección central. Por último, al determinar el valor de a , deberá tenerse en cuenta el debido alojamiento de las armaduras así como la resistencia a los esfuerzos tangenciales al nivel de la fibra media, en la sección de arranque, dados en este caso por la expresión

$$t_o = \left(T - \frac{M}{b} \frac{db}{dl} \right) \times \frac{1}{ab}$$

(Zafra, pág. 246), si bien en la generalidad de los casos no se hará más que comprobar la resistencia por la fórmula

$$t_o = \frac{T}{ab}$$

y para b , brazo de palanca, tomar aproximadamente

$$\frac{7}{8} c$$

Si en las fórmulas anteriormente escritas hacemos $m = 0,005$, que responde en este caso bastante bien a la realidad, resulta

$$\frac{a}{ac} = \frac{15H^2}{2(A - 14kH)(A + 15H)}$$

y

$$\frac{M}{ac} = \frac{A(A + 10H) + 28kH^2}{A + 15H}$$

y si en estas expresiones hacemos $A = 1\,200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ y $H = 45 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ y efectuamos operaciones, encontramos esta otra forma final

$$\frac{1}{ac} = \frac{1}{148,14a - 77,77a'}$$

y

$$\frac{M}{c} = 1\,056a + 30,3a' \quad [1]$$

y de ambas:

$$M \times a = (1\,056a + 30,3a')(148,14a - 77,77a');$$

$$a = \frac{148,14a - 77,77a'}{c} \quad [2]$$

Las fórmulas [1] y [2] serán las que intervengan en los cálculos.

Vamos a hacer aplicación de lo anteriormente expuesto a dos ejemplos, no sólo para probar la rapidez con que se procede, sino para deducir también la condición de economía del nervio de esta forma calculado, así como para demostrar la armonía de forma y dimensiones que se obtienen ateniéndose a los principios expuestos.

Supongamos el forjado de un espesor, ya determinado, de 12 cm y que la sobrecarga uniformemente repartida sobre cada nervio, en los 6 m de luz de éste (fig. 5.^a), es a razón de 7 000 kg por metro lineal.

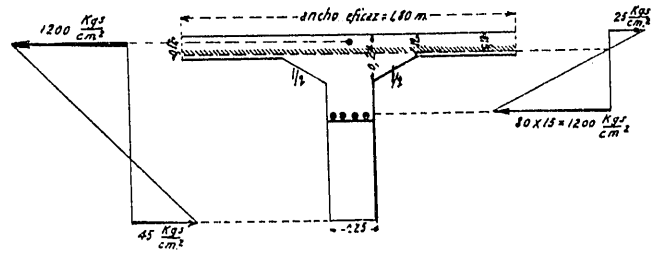


Fig. 5.^a

Según lo expuesto, adoptaremos $H = 25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ y $A = 1\,200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ para la sección central. Por otra parte,

$$M = \frac{1}{30} 7\,000 \times 36 = \sim 8\,500 \text{ kg} \times \text{m}$$

y con estos valores y el del ancho eficaz igual a 1,80 m, se deduce:

$$c = \frac{1\,200 + 375}{375} \sqrt{\frac{30}{1\,200 + 250}} \times \sqrt{\frac{8\,500}{1,80}} = \sim 42 \text{ cm}$$

y

$$q = \frac{15 \times 25^2}{2\,400 \times 1\,575} = \frac{5}{32 \times 63} = 0,0025$$

y, por tanto,

$$a = 1,80 \times 0,42 \times 0,0025 = 18,90 \text{ cm}^2$$

que realizamos con cuatro barras de 25 mm ($19,64 \text{ cm}^2$).

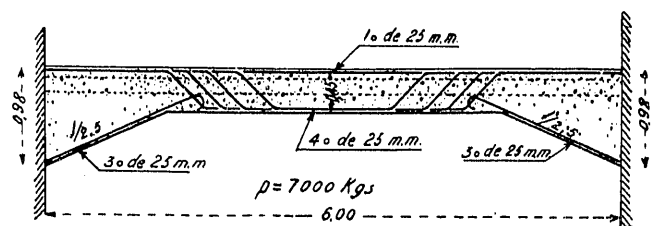


Fig. 6.^a

La fibra neutra cae dentro del espesor del forjado pues se tiene

$$q = \frac{375}{1\,575} = \sim 0,24$$

luego

$$f = 0,24 \times 42 = 10 \text{ cm}$$

En la sección de empotramiento tenemos

$$M = \frac{1}{10} p l^2 = \sim 25\,000 \text{ kg} \times \text{m}$$

y, por tanto,

$$\frac{25\,000}{c} = 10,56a + 0,303ka$$

si hacemos $k = \frac{3}{5}$ resulta

$$\frac{25\,000}{c} = 10,75a; \quad a \times c = 2\,326$$

que satisfacemos con $a = 24,5 \text{ cm}^2$ (5 barras de 25 milímetros), y $c = 95 \text{ cm}$; en efecto,

$$a \times c = 24,5 \times 95 = 2\,327,5$$

y entonces

$$a = \frac{148,14 \times 25 - 77,77 \times 15}{c} = \sim 25 \text{ cm}$$

Con este valor de a queda un espacio entre barras de

$$\frac{25 - 10 - 4}{3} = 3,7 \text{ cm} = \sim 1,5d$$

El valor de t_0 , tomando para b los $\frac{7}{8}$ de c , resulta de

$$t_0 = \frac{21\,000}{7 \cdot 95 \times 20} = \frac{21\,000}{1\,660} = \sim 14 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

que es el máximo admitido (Zafra, pág. 215), aunque si se hubiera tenido en cuenta el valor del sustraendo $\frac{M}{b} \frac{db}{dt}$ hubiera resultado bastante menor.

Calculemos ahora otra pieza en idénticas condiciones, pero adoptando en la sección central $H = 45 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$; la disminución del peralto nos obliga a rebajar el ancho eficaz; tomemos $L = 1,30 \text{ m}$; entonces

$$c = \frac{1\,200 + 675}{675} \sqrt{\frac{30}{1\,200 + 450}} \sqrt{\frac{25\,000}{3 \times 1,30}} = \sim 30 \text{ cm}$$

y

$$q = \frac{15 \times 45^2}{2\,400 (1\,200 + 675)} = \sim 0,0075$$

luego

$$a = 0,0075 \times 1,30 \times 30 = 39 \text{ cm}^2$$

que realizamos con 6 barras de 25 mm ($29,46 \text{ cm}^2$). El valor de f es de $0,36 \times 30 = 10,8 \text{ cm}$.

En la sección de arranque tenemos

$$\frac{25\,000}{c} = 10,56a + 0,303a'$$

y para $a = 35 \text{ cm}^2$ (7 barras de 25 mm), y $a' = 15 \text{ cm}^2$ (3 barras de 25 mm), resulta $c = \sim 67 \text{ cm}$, y entonces

$$a = \frac{148,14 \times 3,5 - 77,77 \times 15}{67} = \frac{4\,018,50}{67} = \sim 60 \text{ cm}$$

La carga tangencial al nivel de la fibra media resulta ser de

$$\frac{21\,000}{59 \times 60} = \sim 6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

sin tener en cuenta la variación del peralto.

La cubicación del material de ambos nervios arroja una reducción del 30 por 100 en el hormigón y del 20 por 100 en el hierro en el primer nervio con relación al segundo. La gran economía de hormigón procede de la necesidad de aumentar considerablemente el espesor del alma en los arranques del segundo nervio, espesor que suponemos constante en toda la longitud, por no poderse forzar demasiado el peralto; el ancho contribuye, en efecto, a la resistencia según la primera potencia, mientras que el peralto obra según la segunda $\left(\frac{I}{v}\right)$ y solamente se hubiera logrado disminuir aquél aumentando la cantidad de hierro en la zona comprimida (k), pero esto equivaldría a trocar la economía en hormigón en una mayor economía en hierro.

En resumen, el forjado calculado con arreglo a las indicaciones expuestas y aclaradas con ejemplos presenta, además de la economía, grandes ventajas y realiza las mejores condiciones de trabajo incluso en lo que se refiere a esfuerzos tangenciales, según queda demostrado.

F. GALLEGU HERRERA

Alumno de la Escuela de C. C. y P.

Congreso de Ferrocarriles en Londres ⁽¹⁾

II

4. *Reducción de los gastos de tracción. Elección de combustible.*—La elección de combustible depende esencialmente de las bases de aprovisionamiento de que dispongan las redes, debiendo después de la oferta y de la entrega comprobar sus condiciones y características para llegar a los de máximo rendimiento en las diversas condiciones de régimen de combustión, no pudiéndose obtener resultados positivos con las estadísticas actualmente llevadas por las redes por su multiplicidad de caracteres, debiéndose uniformar, por tanto, estas estadísticas, refiriéndose los consumos a la tonelada kilómetro virtual.

(1) Véase el número 2 434, página 538, de la REVISTA.

Las dificultades que se encuentran en la práctica para proveerse de combustibles sólidos de las condiciones exigidas y dificultades de aprovisionamiento e irregularidades de entregas exigen la obligación de mezclar racional e íntimamente los carbones, operación que debería hacerse con aparatos mecánicos.

Los aceites pesados pueden utilizarse teniendo en cuenta su valor calorífico y su precio de compra, si el coste de la caloría puede asimilarse al de los combustibles sólidos, debiéndose especialmente, y por estas circunstancias, emplear en las redes alejadas de las minas de hulla.

Su empleo ofrece grandes ventajas, entre ellas reducción del consumo durante las paradas y del trabajo del fogonero, aumento de la potencia de la locomotora, facilidad para realizar un quemado intermitente en