Año LXVIII Madrid 2 de diciembre de 1920. Núm. 2358

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

PUENTES ECONÓMICOS DE HORMIGÓN ARMADO PARA CAMINOS VECINALES (1)

Para obtener mayor aproximación observemos que mientras el contorno varía linealmente, o dentro de cada trapecio, las áreas y momentos estáticos lo hacen también casi con entera exactitud. Para $z = 18$, por ejemplo, la interpolación entre los valores correlativos a 15 y a 21 da 2 881 cm^2 y 21 772 cm^3 en lugar de los exactos 2 900 y 21 776. También es fácil calcular directamente los que corresponden a $z = x' = 17{,}2$, y entonces

$$2\,840\,(x'' - 7{,}3) = 15 \times 39{,}6\,(65 - x''); \quad x'' = 17{,}1 \text{ cm}$$

da un valor sobradamente aproximado.

Conocida la profundidad x, se deduce inmediatamente el momento de inercia, que en la obra de 6 m de luz, por ejemplo, vale

$$\begin{aligned} (190 \times 12)^3 \text{ cm}^4 : 12 &\qquad 27\,360 \text{ cm}^4 \\ 2\,656 \text{ cm}^2 \times (15 - 6{,}7)^2 \text{ cm}^2 &\qquad 183\,264 \\ 15 \times 31{,}9 \text{ cm}^2 \times (60 - 15\ )^2 &\qquad 967\,747 \\ 0{,}5\ I &= 1\,178\,371 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

designando siempre por I el de la sección completa. Prescindimos de los momentos parciales propios de las áreas triangulares, que dan sumandos insignificantes.

En la sección más cargada de dicha obra resultan:

$$\mathcal{H}' = \frac{3\,417\,400 \text{ cmkg} \times 15 \text{ cm}}{2 \times 1\,178\,371 \text{ cm}^4} = 21{,}7 \text{ kg} : \text{cm}^2$$

$$\mathcal{A} = 15\,\mathcal{H}' \times \frac{45}{15} = 976 \text{ kg} : \text{cm}^2$$

Análogamente se obtienen para las demás obras los resultados que aparecen a continuación:

(1) Véase el número 2354.

DIMENSIONES			ARMADURA		FIBRA NEUTRA	SEMIMOMENTO DE INERCIA	CARGAS	
Luz. m	Canto. cm	Brazo. cm	Composición. (d en mm)	Area. cm²	cm	cm⁴	H' kg : cm²	A kg : cm²
6,00	60	54,6	6 de 26	31,9	15,0	1 178 300	21,7	976
7,25	65	58,3	6 de 29	39,6	17,1	1 679 900	23,2	984
8,50	70	64,3	6 de 32	48,3	20,0	2 314 800	26,7	1 003
10	80	71,3	6 de 35	57,7	24,1	3 452 800	28,0	960
11,5	100	90,8	6 de 36	61,1	29,0	5 903 400	28,0	1 029
13	110	96,8	6 de 39	71,7	33,5	8 108 400	30,2	1 033
14,5	120	108,6	6 de 42	83,1	38,5	11 020 100	31,7	1 008
16	130	120,4	6 de 45	95,4	45,5	14 559 500	34,5	965
18	140	128,0	6 de 48	108,6	50,0	18 732 500	37,7	1 017
20	150	137,8	6 de 52	127,4	57,1	24 491 200	40,7	998

Las cargas $\mathcal{A}$ de la armadura difieren muy poco del tipo adoptado, 1 000 kg : cm²; y claro es que 29 ó 33 más nada significan dentro del orden de exactitud de los cálculos. Las cargas máximas $\mathcal{H}'$ del hormigón son por fuerza pequeñas en las luces cortas, en las que predomina la flexión transversal del forjado. El valor límite, 40,7 kg : cm² en la obra de 20 m, demuestra la necesidad de variar el perfil del forjado al aumentar la luz.

En todas estas obras las armaduras son sistemáticamente idénticas: seis barras, de las que cuatro (numeradas 1, 2, 3, 4 en los planos) se van levantando a distancias iguales o poco mayores que

$$0{,}204\,l, \qquad 0{,}289\,l, \qquad 0{,}354\,l, \qquad 0{,}407\,l$$

a uno y otro lado del centro del vano, que son, como es sabido, los múltiplos $\sqrt{1:6}, \sqrt{2:6}, \sqrt{3:6}, \sqrt{4:6}$ de la semiluz, correlativos a disminuciones de 1:6, 2:6, ... de los momentos flectores, cuya variación es sensiblemente parabólica.

Las dos barras restantes (numeradas 5) abarcan toda la luz. Unas y otras terminan en ganchos del tipo consagrado por la práctica, formado por un semicírculo de diámetro igual o superior a seis veces el de la barra y un trozo recto igual al radio de aquél. Tales ganchos permitirían someter la barra a su carga límite elástica, 2 400 kg : cm² cuando menos, sin que padeciera el hormigón del anclaje.

Para cada armadura se detalla en los planos: a la derecha, el trazado geométrico de las líneas fundamentales de su eje, rectas, ligadas por arcos de círculo; a la izquierda, la forma de cada barra terminada. La sustitución de los codos violentos, apenas redondeados en el vértice, por curvas suaves, acrece notablemente la eficacia de las barras, traduciéndose experimentalmente por mucha mayor resistencia, a igualdad de cuantía de armaduras, que con las formas angulosas preferidas por muchos constructores por más baratas de realizar.

En las obras de luz inferior a 8,50 m las barras más largas no llegan a 10 m y deben ser enterizas. Cuando pasan de esa longitud, como sucede en las demás obras, algunas o todas las barras requieren empalme. Claro es que si las circunstancias locales permiten transportar sin gran dificultad barras de 12 o más metros, éste será el límite y no 10, suprimiéndose entonces los empalmes correlativos.

Después de maduro examen nos decidimos por el empalme de manguitos terrajados. La soldadura, sea en fragua, sea mediante el soplete oxiacetilénico, nunca merece tanta confianza como el empalme de manguitos y las más de las veces resultaría más cara. La soldadura con el arco eléctrico, la mejor dentro de su género, sólo en muy contados casos sería factible. El empalme por solape en una extensión de 60 a 70 diámetros de las barras, necesaria para que la adherencia, estimada en 4,5 kg : cm², supla la tensión típica de 1 200, es impracticable con barras gruesas, a menos de exagerar mucho la sección de las almas, y además de complicar extraordinariamente la disposición de las armaduras, resulta muy caro. Un empalme de barras de

40 mm, término medio, que pesan 9,8 kg : m, requiere, cuando menos, 2,5 m de exceso de armadura, o 24,5 kg.

La barra de diámetro d, y sección s, queda reducida en el fondo de la rosca a d_1, que vale usualmente de 0,84 a 0,86 d, y s_1 de 0,70 a 0,75 s para diámetros de 30 a 50 mm. Si en los puntos de empalme correspondieran a la barra 1 000 kg : cm², subiría la carga efectiva a 1 428 o 1 333, respectivamente. Pero bien escogidos dichos puntos, fuera de las secciones más cargadas, y distanciando 25 cm, por lo menos, unos de otros, el aumento de carga en cada barra se reduce y el máximo de ésta no pasa de 1 200 kg : cm², límite ordinario y perfectamente admisible, aun dentro de nuestro criterio de prudencia, dadas los condiciones excepcionales en que se alcanza.

Para que la sección del manguito equivalga a la de la barra, la condición $\pi de = 0{,}25\pi d^2$ da, con error favorable, $e = 0{,}25\ d$, espesor que debe ser aumentado en la profundidad del filete. En las condiciones usuales basta que la longitud terrajada por cada lado iguale al diámetro de la barra; pero para mayor seguridad lo doblamos, y el largo del manguito, con el huelgo entre las dos roscas necesario para la maniobra, es cinco diámetros.

Las fábricas sirven las barras cortadas a los largos exactos que se piden y terrajados sus extremos uno a derechas, otro a izquierdas, mediante un pequeño suplemento de precio, muy inferior, incluso el costo del manguito, a lo que implicaría el solape (20 por 100 en barras de 40 mm, 31 por 100 en los de 52, por trozos de 10 m, mucho más todavía por trozos más cortos).

Las barras de la cabeza superior, que trabajan por compresión, sólo requieren manguitos lisos (m en los planos), simplemente para enfilarlas bien. Las barras de las barandillas están empalmadas con manguitos ($\mathcal{N}$), sujetos con remaches en frío.

Las armaduras secundarias están formadas por dobles cercos o estribos de barras de 8 mm en toda la región central del vano comprendida entre los puntos de levante de las primeras barras, a $\pm 0{,}204\ l$ del centro, y por cercos sencillos en todo el resto, donde reinan las barras dobladas. La separación entre cercos es siempre 20 cm; aunque pudieran aclararse bastante más, la experimentación demuestra que, aparte de resistir a las cargas principales en el alma, los estribos mejoran considerablemente las condiciones del conjunto, al establecer una trabazón directa entre las zonas comprimida y estirada. Por este último motivo conservamos los cercos, aunque reducidos a la mitad, en las zonas extremas, aun cuando allí las barras dobladas resisten por sí solas holgadamente las cargas principales.

Un esfuerzo tangencial $\mathcal{T}$, promedio de las existentes en la separación s entre dos grupos de cercos de sección total ε, producen en ésta una carga unitaria $\mathcal{A} = \mathcal{T}s : b\varepsilon$. Es b el brazo de palanca entre centros de presión y de tensión, igual al momento de inercia dividido por el estático, $I : \mathcal{M}_c = 0{,}5\ I : 15\alpha\ (c - x)$ y sus valores aparecen junto a los del canto c en el cuadro últimamente estampado. Con las dimensiones adoptadas, $s = 20$ cm, $\varepsilon = 2{,}01$ cm², la eficacia de los estribos alcanza hasta los puntos en que reine un esfuerzo tangencial $\mathcal{T} = \mathcal{A}\varepsilon b : s$, es decir $(\mathcal{A}b : 10)$ kg, si se prescinde en absoluto de la resistencia propia del hormigón. Lo más general, hoy día, es contar con esa resistencia, admitiendo que solamente los dos tercios de las cargas principales $\mathcal{T} : a_1 b$ (a_1 ancho del alma) han de ser resistidos por las armaduras secundarias. Equivale esto a conservar los valores íntegros de $\mathcal{T}$ elevando el de la carga unitaria $\mathcal{A}$ a 1,5 veces el ordinario. Nos limitamos a elevar a 1 200 los 1 000 kg : cm² hasta ahora admitidos, es decir, a suponer que el hormigón resiste tan sólo un sexto de las cargas originadas por el esfuerzo tangencial y, por tanto, que $\mathcal{T} = (120\,b)$ kg es el límite de los correspondientes a la zona central.

La eficacia de la primera barra doblada alcanza por lo menos a una distancia $b : \sqrt{2} = 0{,}707b$ desde el punto de levante hacia el centro, lo que equivale a $(0{,}296 + 0{,}707b : l)\ l$ del extremo, distancia que oscila ligeramente alrededor de $0{,}350\,l$, como es fácil comprobar. Así, para la luz de 6 m, $b = 54{,}6$ cm y $\xi = 0{,}359$; para la de 10 m, $b = 71{,}3$ cm y $\xi = 0{,}346$; en la de 20 m, $b = 137{,}8$ cm y $\xi = 0{,}344$. Los esfuerzos tangenciales de cada alma en $\xi = 0{,}350$ son (mitad de los totales del cuadro) 5 780, 8 560 y 14 160 kg, mientras que los $(120\,b)$ valen, respectivamente, 6 550, 8 550 y 16 400.

Las barras dobladas resisten muy holgadamente las cargas principales producidas por los respectivos esfuerzos tangenciales medios, disminuídos en los $(60\,b)$ kg correspondientes a los cercos sencillos ($\varepsilon = 1{,}00$ cm²). Aun prescidiendo de esa disminución, la carga unitaria

$$\mathcal{A} = \frac{\mathcal{T}}{a_1 b} \times a_1 s \cos 45^\circ \times \frac{1}{a_1} = \mathcal{T}\,\frac{s}{b}\,\frac{1}{a_1\sqrt{2}}$$

resultante para una separación s entre dos barras consecutivas de sección a_1, queda muy por bajo de los 1 200 kg : cm², que por lo antes dicho podríamos aceptar como límite seguro. En el puente de 20 m de luz,

por ejemplo, la cuarta barra, de $a_4 = 21{,}4$ cm², podría con esa carga resistir eficazmente, aun llegando $\mathcal{T}$ a valer $(21{,}4\sqrt{2} \times 1\,200 \times 138 : s) = (4\,961\,400 : s)$ kg, o para $s = 107$ cm, 46 368, en lugar de 32 950 que le corresponden, y la primera con $s = 171$, podría análogamente con 29 000 kg en lugar de 20 250: las cargas reales respectivas son 863 y 837 kg : cm².

La acción del viento no produce efecto sensible en estas obras, dada la gran resistencia que en sentido horizontal y a la torsión ofrecen. Para más seguridad, desde que la altura pasa de un metro (luz de 11,5 y siguientes), proyectamos en los extremos tabiques hormigonados que ligan en toda su altura las almas; la cabeza superior puede así considerarse como directamente sustentada en los estribos. Los nervios ofrecen, gracias a los cercos, gran rigidez en sentido transversal, aun independientes uno de otro, y no hay necesidad de ligarlos por riostras dentro del vano.

Para los tres puentes de doble vía de 6,00, 7,25 y 8,50 m de luz, adoptamos una misma sección con canto útil de 90 cm. De ese modo un solo molde puede servir para cualquiera de estas obras, ya que lo requieren especial y distinto del de las demás. Su peso muerto es 3 950 la estructura, y con 890 de firme y 560 de la sobrecarga de aceras 5 400 kg : m.

Admitimos que al circular el tren de sobrecarga ciñéndose todo lo posible a un bordillo graviten sobre el semipuente de ese lado los tres cuartos de aquél, hipótesis que si peca es de exagerada, vista la gran rigidez del forjado. Aun suponiendo éste isostáticamente sustentado por los nervios, correspondería al más distante la fracción $(40 : 220) = 0{,}182$ del total.

Totalizando para cada semipuente los máximos momentos del peso total 2 700 kg : m con los 0,75 de los ya calculados para el tren de sobrecargas, resultan 26 020, 34 970 y 46 850 mkg, respectivamente.

Para la nueva sección tenemos

Rectángulo	250×16	4 000 cm²	$\times$ 8 cm =	32 000 cm³
Armadura	$15 \times (7{,}8)$	117	$\times$ 3,5 =	420
Triángulo sustractivo	$-0{,}5 \times 54 \times 4$	108	$\times$ 13 =	− 1 404
Total, hasta $z = 16$ cm		4 009 cm²	$\times$ **7,8** cm =	31 016 cm³
Idem	20	4 529	$\times$ **8,9** =	40 349
Idem	24	4 969	$\times$ **10,1** =	50 002

Y con estos datos resulta en la luz de 8,50, por ejemplo, con canto de 90 cm y armadura de ocho barras de 30 ($a = 56{,}5$ cm²), supuesta $x = 24$ cm, 4 969 cm² $(x' - 10{,}1)$ cm $= 15 \cdot 56{,}5\,(90 - x')$; $x' = 21{,}7$. A la nueva hipótesis $x = 21{,}6$ corresponden, hecha la interpolación,

$$4\,705\,(x'' - 9{,}4) = 15 \cdot 56{,}5\,(90 - x''); \quad x'' = 21{,}6$$

que coincide exactamente esta vez con lo supuesto y da

$$\begin{aligned} (250 \cdot 16^3)\ \text{cm}^4 : 12 &= 85\,333\ \text{cm}^4 \\ 4\,705\ \text{cm}^2 \times (21{,}6 - 9{,}4^2\ \text{cm}^2 &= 743\,390 \\ 15 \times 56{,}5\ \text{cm}^2 \times (90 - 21{,}6)^2 &= 3\,962\,260 \\ 0{,}5\,\mathcal{J} &= 4\,790\,950\ \text{cm}^4 \end{aligned}$$

Y la sección más cargada de la obra soporta

$$\mathcal{H}' = \frac{4\,684\,600\ \text{cmkg} \times 21{,}6\ \text{cm}}{2 \times 4\,790\,950\ \text{cm}^4} = 21{,}1\ \text{kg : cm}^2$$

$$\mathcal{A} = 15\,\mathcal{H}' \times \frac{68{,}4}{21{,}6} = 1\,031\ \text{kg : cm}^2$$

De igual modo obtenemos: en la luz de 6 m con ocho barras de 23 (32,8 cm²), $x = 16{,}8$ cm, $0{,}5\,I = 3\,036\,100$ cm⁴, $\mathcal{H}' = 14{,}4$ y $\mathcal{A} = 941$ kg : cm²; y en la de 7,25, con ocho barras de 27 (45,7 cm²), $x = 19{,}5$ cm, $0{,}5\,I = 3\,989\,800$ cm⁴, $\mathcal{H}' = 17{,}5$ y $\mathcal{A} = 921$ kg : cm².

Las armaduras principales son ahora de ocho barras: seis levantadas a las distancias del centro

$$0{,}177\,l, \quad 0{,}250\,l, \quad 0{,}36\,l, \quad 0{,}354\,l, \quad 0{,}395\,l \quad \text{y} \quad 0{,}833\,l$$

correspondientes a $\sqrt{1:8}$ ..... $\sqrt{6:8}$ de la semiluz y dos barras rectas (numeradas 7). Las secundarias, de idéntica composición que en las obras de simple vía, están en condiciones más holgadas. Los brazos de palanca son 84,3, 82,7 y 82,3 cm, y las abscisas unitarias límites son sensiblemente 0,425, en las que 0,75 $\mathfrak{C}_s$ vale 5 820, 6 140 y 6 510 kg. Sumados con los allí debidos al peso muerto (sin sobrecarga de aceras, ya contada en el tren) 564, 681, 799, dan en total 6 384, 6 821 y 7 309 kg. Los valores (120 *b*) equivalentes a la resistencia de los cercos, son 10 116, 9 924 y 9 876 kg.

(*Continuará.*)

El problema ferroviario.

Consideraciones acerca de la transformación necesaria en el régimen que se sigue para su construcción y explotación.

(CONTINUACIÓN) (1)

Ley de la Renta.

1.° Renta en bloque.

El que tiene un monopolio absoluto fija el precio con arreglo a su conveniencia: con saber la conveniencia, se conoce el precio del monopolio.

La conveniencia del Propietario, relativamente al Obrero, es como sigue: entre los obreros habrá una cierta diferenciación de salarios y habrá algunos que sean los menos favorecidos. Estos obreros habrán de producir algo más que su pura subsistencia. De lo contrario, no les será entregada Naturaleza alguna para que laboren. Pues bien, la conveniencia del Propietario es que esos trabajadores menos favorecidos no obtengan más salario que lo que pueda proporcionarles su pura subsistencia, por la cual consientan en reproducirse.

No le conviene al Propietario que los salarios sean menores; porque habiendo de desaparecer los obreros que no pudieran subsistir en lo más bajo de la escala, disminuiría su participación absoluta. No le conviene tampoco que sean mayores, porque también había de disminuír su participación absoluta.

Análogo fenómeno se presenta con relación al Capital. A cada cifra de Interés corresponderá una cierta voluntad de ahorro, producción y prestación de capital, y, como el Capital fertiliza a la Naturaleza y aumenta el fruto económico cosechado, la disminución a partir de cierta cifra no conviene a nadie. Para el Propietario hay un cierto Interés (que cobra el Capitalista) más favorable.

Pues bien, como el Propietario tiene un monopolio absoluto, si fija esas cifras que hemos deducido por el Interés y el Salario, o sea si fija para Renta una cifra que no deje más que aquel remanente sumado por el Interés y el Salario, el Capitalista y el Obrero habrán de admitirla por fuerza. El Obrero porque necesitando producir su subsistencia y exigiéndole el Capital el Interés fijado, habrá de pagarlo, porque de lo contrario no puede pagar la Renta, por disminución de la fertilidad de la Naturaleza. El Capitalista tampoco puede obtener más, porque si usando el monopolio relativo que tiene sobre el Obrero fuerza su participación, el rendimiento total disminuye, por desaparición de obreros

La dependencia vital del Obrero, permite a la Naturaleza obtener su parte de monopolio según la ley expuesta.

Esta es la ley de la Renta en bloque, descubierta por Henry George.

La distribución de la Renta se hace como sigue: el Capital y el Trabajo tienen acceso a la Naturaleza mediante el pago de aquella Renta. ¿A qué trozo de Naturaleza se dirigirán? Si la Naturaleza fuera homogénea económicamente, si tuviera en todas partes la misma fertilidad, si iguales cantidades de trabajo y capital obtuvieran sobre iguales fragmentos de Naturaleza el mismo fruto, la elección de obreros y capitalistas no mostraría preferencia por ningún sitio. Pero como no es así, y siempre dos trozos de Naturaleza son de distinta fertilidad unitaria, surge la competencia entre las distintas fracciones, con ciertas restricciones de tiempo y de lugar. En el mismo emplazamiento, y simultáneamente, la diferencia de renta entre dos fragmentos de Naturaleza, es, evidentemente, la diferencia de fruto que iguales capitales e iguales esfuerzos obtienen en uno u otro.

Y fijándonos en trozos de Naturaleza de fertilidad decreciente y comparando «tierras» cada vez más pobres, llegaremos a ciertos sitios a punto de ser despreciados, hasta de balde, por trabajadores y capitalistas; llegaremos a la «tierra más pobre en uso». Y como evidentemente, por esta Naturaleza, nadie pagaría renta, la renta de cada uno de los demás fragmentos se mide por la diferencia de producto obtenido entre aquel menos fértil y cada uno de los otros.

Esta es la ley de la Renta, formulada en términos parecidos, tal vez menos precisos, por Ricardo, discípulo de Adam Smith y seriamente impugnada por una legión de economistas que no hacen Economía política *racional*, sino todo lo contrario.

Ley del Interés.

Queda deducida, de la ley de la Renta, la del Interés, en bloque. Lucha el Capitalista con el Propietario, como puede luchar un monopolio relativo, con uno absoluto. Porque es evidente que la formación de cierto capital, requiere tiempo, y el que quiera usar el existente es objeto de presa, para el monopolizador que se ha adelantado a trabajar; por cuanto instantáneamente no puede el Obrero producir el Capital que requiere el cultivo de la Naturaleza, si ha de pagar la Renta exigida, que es exigida porque es posible, pagando aquel Interés. El trabajador que no dispusiera de capital sucumbiría, y de ahí que, en virtud del monopolio absoluto de la Naturaleza, se le imponga el relativo del Capital.

Pero el pago de interés no reconoce otro origen que un monopolio de tiempo. El Interés es precio de monopolio, lo que no es precio de monopolio, sino valor de producción es el que exige la devolución del capital. Los economistas clásicos están sumidos en un mar de perplejidades relativamente a este punto, que no comentaremos por no sernos necesario para nuestras conclusiones y necesitarse mucho espacio. No haremos más que mencionar, al paso, una rarísima equivocación que sufre Henry George, en cuyos escritos campean, sin embargo, tanta precisión y tanta exactitud. Supone que el Interés es valor de producción, porque en ciertas formas de Capital (por ejemplo, en forma de animales domésticos) habría un fruto de la fusión de este Capital con solo Naturaleza. Pero no hay tal. Siempre, aun en estos casos, la riqueza creada es fruto de trabajo actual. En el caso citado es fruto

(1) Véase el número anterior