

á título de restitución del capital adelantado para construir las obras.

El criterio de la utilidad que se presume han de reportar éstas, como base de la elección de las que deben emprenderse.

La fijación integral de los derechos relativos de los usuarios de una misma corriente de aguas, en virtud de los títulos de cada uno.

La inspección activa y eficaz del Poder público en la administración y aprovechamiento de las corrientes naturales de agua.

Las medidas de policía y el empleo de medios destinados á prevenir pérdidas inútiles y á obtener del agua el máximo rendimiento posible, compatible con un prudente respeto á todos los derechos adquiridos y consolidados por un uso razonable y beneficioso.

La cooperación activa que las Empresas ferroviarias prestan á las de implantación de nuevos riegos.

La colaboración social con que las Cámaras de Comercio, la banca, la prensa y otras entidades contribuyen al logro del mismo fin.

El cometido social, al par que técnico y económico, confiado á los Ingenieros del Servicio de obras de riego, á fin de que contribuyan, por todos los medios de que dispongan, á vencer las dificultades de muy diversa índole que suelen ofrecerse en la implantación de aquel medio perfeccionado de cultivo.»

*
* *

Este es el interesante libro, del cual hemos copiado en números anteriores varios de sus capítulos, y, en el de hoy, su resumen general.

Cuajado de datos y observaciones personales, denota el trabajo intenso desarrollado por los autores en el corto espacio de tiempo de que dispusieron; así se comprende que muchas veces el descanso de las fatigas del día visitando las obras lo hiciesen en los trenes que les transportaban á gran velocidad de una región á otra. Los funcionarios del Gobierno, los Ingenieros y las Corporaciones de todas clases les colmaron de atenciones; los autores, por su parte, dada su competencia, dejaron bien sentado el nombre de España y de nuestro Cuerpo; por cartas recibidas de aquel país hemos podido apreciar el lisonjero juicio que el libro les ha merecido, encontrando en él algunos puntos de vista en que su atención no se había fijado y reconociendo que constituye una perfecta síntesis de la materia de que trata.

El libro, como decimos, demuestra el cumplimiento de la misión confiada á sus autores sobre el terreno, y prueba también su cuidadoso celo en difundir lo que vieron, para enseñanza de todos. Cumpliendo así, pueden y deben darse Comisiones oficiales.

La exposición de las materias tratadas se hace con una bien escogida distribución de rasantes intelectual, para no fatigar al lector y sostener su interés.

Las figuras intercaladas son muy claras, destacándose las líneas esenciales que conviene conocer, sin minucias de detalle inútiles para el objeto; muchas de las fotografías, esmeradamente fotograbadas, se tomaron directamente por los autores al visitar las obras.

Muy bien entendido el resumir cada capítulo, subrayando en la memoria del lector los extremos á destacar de aquél, ideas fundamentales sacadas á plena luz, que jalonan la obra y se engarzan á su vez en el resumen final.

Es un libro que honra á sus autores, los distinguidos Ingenieros de Caminos Sres. Nicolau y Puig de la Bellacasa, á quienes enviamos nuestro sincero aplauso.

P U E N T E S

Observaciones sobre la estabilidad de los viaductos.

(CONTINUACIÓN)

Si despreciamos las reacciones producidas por la rotación de los planos de arranque en los arcos, tendremos también:

$$Q_4 = K\alpha_4$$

$$Q_3 = K(\alpha_3 - \alpha_4)$$

$$Q_2 = K(\alpha_2 - \alpha_3)$$

$$Q_1 = K(\alpha_1 - \alpha_2)$$

$$Q = K'(\alpha + \alpha')$$

suponemos que la bóveda sobrecargada si se agrieta es porque K' puede ser diferente de K .

Del mismo modo

$$q_3 = h\alpha_3$$

$$q_2 = h_1\alpha_2$$

$$q_1 = h\alpha_1$$

$$q = g\alpha,$$

h y h_1 corresponden al punto de aplicación situado en el vértice de las pilas ordinarias ó pilas estribos, y g al punto de aplicación próximo de la mitad de la altura.

Podemos escribir todas las cantidades en función de Q_4 particularmente.

$$Q_1 = Q_4 \left(1 + \frac{4h + 2h_1}{K} + \frac{2h^2 + 3hh_1}{K^2} + \frac{h^2h_1}{K^3} \right)$$

$$\frac{K}{Q} q = K\alpha = Q_4 \left(4 + \frac{6h + 4h_1}{K} + \frac{2h^2 + 4hh_1}{K^2} + \frac{h^2h_1}{K^3} \right)$$

del mismo modo hacia la izquierda

$$Q'_1 = Q'_3 \left(1 + \frac{h + 2h_1}{K} + \frac{hh_1}{K^2} \right)$$

$$\frac{K}{g'} q' = K\alpha' = Q'_3 \left(3 + \frac{2h + 2h_1}{K} + \frac{hh_1}{K^2} \right)$$

y

$$Q = K'\alpha + K'\alpha' = \frac{K'}{K} Q_4(4 + \dots) + \frac{K'}{K} Q'_3(3 + \dots)$$

Pero sabemos que qz depende poco de z , por lo tanto, sensiblemente

$$qz = q'z' = \frac{4}{5} P_1 d_1$$

y

$$q + Q_1 = q' + Q'_1$$

por lo tanto,

$$\frac{g}{K} 2Q(4 + \dots) = \frac{g'}{K} z' Q'_3(3 + \dots)$$

y

$$Q \left(1 + \frac{4g}{K} + \dots \right) = Q'_3 \left(1 + \frac{3'g}{K} + \dots \right)$$

como por otra parte g y g' son conocidos en función de z y z' , podemos eliminar Q' , y tres de las cantidades $gg'zz'$ y quedan dos incógnitas que se determinan por las dos ecuaciones:

$$Q_1 + q + Q = \frac{P'd'}{b}$$

$$qz = \frac{4}{5} P'd'_1$$

Tomemos un ejemplo numérico que corresponde, por otra parte, á un viaducto ordinario, establecido según la práctica usual:

$$h = 5$$

$$h_1 = 15$$

$$K = 80$$

el punto de la pila donde el ángulo de rotación del vértice cambia de signo, está un poco más alto que el medio, en todos los casos el cuadro de los valores de h y g es el siguiente:

$$z = b \quad h = 5$$

$$z = b + \frac{l}{4} \quad g = 10$$

$$z = b + \frac{l}{3} \quad g = 15$$

$$z = b + \frac{5}{12}l \quad g = 22$$

$$z = b + \frac{l}{2} \quad g = 48$$

$$z = b + \frac{5}{8}l \quad g = 216$$

La zona neutra está comprendida entre $b + \frac{5}{12}l$ y $b + \frac{7}{12}l$.

En estas condiciones damos los valores de los coeficientes principales para el caso considerado.

$$1 + \frac{4h + 2h_1}{K} = 1 + \frac{2}{3}$$

$$4 + \frac{6h + hh_1}{K} = 4 + \frac{6}{5}$$

$$1 + \frac{h + 2h_1}{K} + \dots = 1 + \frac{4}{9}$$

$$3 + \frac{2h + 2h_1}{K} + \dots = 3 + \frac{1}{2}$$

de donde se saca

$$\frac{gz}{g'z'} = \frac{3}{4}$$

como g varía rápidamente con z , se ve que z y z' serán muy poco diferentes y que sensiblemente

$$\frac{g}{g'} = \frac{3}{4}$$

y de aquí se saca que

$$Q'_1 = \frac{11}{10} Q_1$$

Las dos ecuaciones que dan las incógnitas son así en el caso de las pilas estribos.

$$\frac{Q}{K} Q_1 \left(4 + \frac{6}{5}\right) = \frac{4}{5} \frac{P'd'_1}{2}$$

$$\frac{g Q_1}{K} \left(4 + \frac{6}{5}\right) + Q_4 \left(4 + \frac{2}{3}\right)$$

$$+ \frac{K'}{K} Q_1 \left(4 + \frac{6}{5}\right) \left(1 + \frac{3}{4}\right) = \frac{P'd'}{b}$$

dividiendo miembro á miembro.

$$1 + \frac{1}{3} \frac{K}{g} + \frac{7}{4} \frac{K'}{g} = \frac{5}{4} \frac{P'd'}{P'd'_1} \frac{z}{b}$$

Esta es la ecuación fundamental del viaducto; el segundo miembro representa, salvo la constante, el empuje suplementario producido por la sobrecarga; los tres términos del primero representan los elementos que equilibran este empuje suplementario; el primer término corresponde á la reacción de la pila, el segundo á la reacción del arco próximo y el tercero al descenso del empuje en el arco sobrecargado.

Si se supone que

$$P'd'_1 = \frac{3}{2} P'd'$$

y si se observa que $\frac{P'd'}{b}$ es un poco más elevado en realidad que el empuje suplementario, se tiene

$$1 + \frac{1}{3} \frac{K}{g} + \frac{7}{4} \frac{K'}{g} = \frac{2}{3} \frac{z}{b}$$

vamos á examinar varias hipótesis:

1.° Supongamos que la bóveda sobrecargada y las bóvedas próximas no se aprietan, entonces

$$K = K' = 80$$

y

$$1 + \frac{25}{12} \frac{80}{g} = \frac{2}{3} \frac{z}{b}$$

para

$$l = 8b$$

se encuentra un valor de g próximo de 72, es decir, que el vértice de la pila va á girar muy claramente en el sentido de la sobrecarga, el momento de reacción de la pila será un poco más débil de lo que hemos supuesto, la misma reacción será un poco inferior al cuarto del empuje suplementario; en cuanto á los otros tres cuartos se repartirán entre el arco sobrecargado y el arco próximo en la relación de 5,2, de suerte que las cantidades g , Q_1 y Q son proporcionales á las fracciones

$$\frac{3}{10}, \frac{1}{10}, \frac{6}{10}$$

Se ve así que los $\frac{2}{3}$ del empuje suplementario son absorbidos por el arco sobrecargado; si este empuje suplementario correspondiese á un desplazamiento de la curva de presiones igual á la mitad de la amplitud posible, el desplazamiento será del $\frac{1}{3}$ de la amplitud del arco sobrecargado, y

como hemos supuesto que no se agrieta, es necesario que en el origen los puntos de paso hayan estado en el límite del tercio inferior en la clave, y en el límite del tercio superior en los arranques ó en la junta de rotura.

Este no es el caso de las lineadas de un viaducto, á no ser que se hayan tomado precauciones especiales.

2.º El caso generalmente admitido, y que puede ser bastante fácilmente realizado, es aquel en el que las curvas de presiones en estado de reposo, y á la temperatura de la fabricación del aparejo, pasan por el límite del tercio superior en la clave y por el límite del tercio inferior en los arranques.

En estas condiciones, la bóveda sobrecargada se agrieta, K' disminuye, la amplitud total disponible no es, por otra parte, más que de $\frac{1}{3}$ que no se emplea toda, sin lo cual la bóveda estaría en estado de inestabilidad absoluta; admitamos que no se emplea más que $\frac{1}{5}$ que corresponde á $\frac{2}{5}$ del empuje suplementario, y tendremos:

$$1 + \frac{1}{3} \frac{K}{Q} = \frac{3}{5} + \frac{2}{3} \frac{z}{b} = \frac{2}{5} \frac{z}{b}$$

de donde se saca

$$g = 26.$$

El punto de aplicación de la reacción de la pila está todavía en la región donde la rotación del vértice se hace en el sentido de la sobrecarga, pero esta rotación es muy débil, las tres cantidades q , Q_1 y Q son entre sí sensiblemente como las fracciones

$$\frac{5}{15}, \quad \frac{4}{15}, \quad \frac{6}{15}.$$

En el arco sobrecargado, la curva de presiones pasa á una distancia del contorno aparente igual á $\frac{2}{15}e$; si Q es el empuje, el trabajo en la compresión es entonces

$$5 \frac{Q}{e}$$

en lugar de $\frac{29}{e}$ sobre el cual se cuenta, admitiendo que las bóvedas no se aprietan.

3.º Supongamos, finalmente, que un descenso de temperatura haya llevado la curva de presiones en estado de reposo al límite del sexto superior en la clave, y al límite del sexto inferior en los arranques, no queda entonces disponible más que una amplitud de $\frac{1}{6}$, y supongamos que

$\frac{1}{12}$ solamente se utilice, tendremos:

$$1 + \frac{1}{3} \frac{K}{g} = \frac{5}{6} - \frac{2}{3} - \frac{2}{b} = \frac{5}{9} - \frac{2}{b}$$

de donde

$$g = 20.$$

La rotación del vértice de la pila se hace ahora en el sentido de la sobrecarga, pero es muy débil.

Las cantidades q , Q_1 y Q son entre sí como las relaciones

$$\frac{15}{42}, \quad \frac{20}{42}, \quad \frac{7}{42}.$$

El trabajo en la compresión llega en la clave á

$$28 \frac{Q}{e}$$

ó sea cuatro veces la que se admite frecuentemente.

Las cifras que damos para este trabajo son aproximadas; para determinarlas exactamente sería necesario hacer uso de la teoría analítica de las bóvedas.

Es suficiente observar para esto que en un arco que no se agrieta la disminución del empuje es siempre

$$5,2Q_1;$$

pero acabamos de ver que Q_1 puede llegar á ser la mitad del empuje suplementario debido á la sobrecarga; por lo tanto, la disminución del empuje teórico será próximamente igual al empuje en estado de reposo Q_0 , y esto es suficiente para calcular el punto de paso de la curva de presiones, que está, como lo hemos supuesto, en la proximidad del sexto superior en la clave.

Si se suprimen las pilas estribos la relación 5,2 vendrá un poco aumentada y llegará á 6 próximamente; si, por el contrario, se supone que se ha tomado para la relación de la rigidez de las bóvedas y de las pilas una cifra demasiado elevada, doble, por ejemplo, de la que se realiza á causa de las grietas de las aristas y del aumento de las reacciones de las pilas ocasionadas por la rotación de los arranques de las bóvedas, la relación 5,2 es un poco más pequeña é igual á 4,5 próximamente. Se sabe que en todos los casos nuestras conclusiones no son sensiblemente modificadas.

Esta discusión sumaria demuestra, por lo tanto:

1.º Que conviene aumentar, por los medios que hemos indicado al principio de este estudio y con preferencia por uno de los dos primeros, la relación del empuje en estado de reposo al empuje suplementario debido á las cargas móviles; se reduce así la amplitud del desplazamiento de la curva de presiones. El espesor de una bóveda de viaducto particularmente no debe determinarse por la misma regla que el espesor de una bóveda ordinaria cuyos arranques son fijos. cuestión que por otra parte el estudio analítico lo demuestra muy claramente.

2.º Que conviene llegar por cualquier medio á que en el estado de reposo la curva de presiones ocupe con relación al eje neutro una posición casi simétrica, de la que tiene tendencia á tornar naturalmente.

En fin, de una manera general, la discusión demuestra que un viaducto es un conjunto elástico con deformaciones extensas, deformaciones que están, por otra parte, un poco reducidas por la presencia de los tímpanos y por el relleno de los riñones, pero que dado su modo de establecimiento sería muy delicado contar con su intervención.

Á esto se debe el que en los proyectos que hemos establecido hayamos preconizado claramente el empleo de una platabanda horizontal, colocada sobre los arcos y enlazando los vértices de las pilas; con un gasto relativamente poco elevado, que se puede valorar en un 5 por 100 próximamente del precio total, se anula el desplazamiento horizontal de los arranques, y por consecuencia los movimientos

externos de la curva de presiones al paso de las cargas móviles, y una parte del gasto será, por otra parte, recuperado por la disminución del espesor de las bóvedas y la supresión de las pilas estribos.

Montaje de los arcos de un viaducto.—El montaje de los arcos de un viaducto se hace habitualmente empleando cuatro ó cinco cimbras y procediendo de un modo progresivo desde un estribo al otro.

Cuando el primer arco está á punto de ser descimbrado, como su cimbra no es completamente rígida, se produce ya un empuje que las cimbras colocadas transmiten á las pilas sucesivas; la rigidez de estas cimbras es poco elevada para que después de un número limitado de pilas la última no transmita nada. Si se ejecutan los arcos en dos capas, la capa inferior ayuda á la madera en la transmisión de los esfuerzos, no obstante lo cual la experiencia parece enseñar que sería ilusorio emplear más de cuatro ó cinco cimbras.

Por lo que concierne á las pilas, la disposición de las fábricas hace que los pesos vayan disminuyendo de una cara á la siguiente; por lo tanto, el vértice tiene tendencia á girar en el sentido de donde vienen los esfuerzos circunstancia favorable que aumenta la rigidez como hemos visto precedentemente.

Cuando se descimbra el primer arco, el complemento de empuje dado por el peso que descansaba sobre la cimbra debe ser contrarrestado, como hemos dicho antes, y este contrarresto vendrá de la pila próxima, de la cimbra y del arco próximo, y sobre todo por el descenso del empuje en el mismo arco descimbrado, pues la curva de presiones, que tenía ya tendencia á pasar al límite del tercio superior en la clave, entra claramente en este tercio y desciende al tercio inferior en los arranques. Estas son próximamente las condiciones deplorables que hemos visto y por lo que es necesario encontrar un medio, no sólo de cerrar las grietas que puedan producirse en el descimbramiento, sino de corregir claramente la posición de la curva de presiones de manera que estas grietas tengan casi una tendencia á producirse en sentido opuesto.

Un procedimiento para impedir las grietas sería que tan pronto como la bóveda estuviera construída y antes del cierre, se anulase la rigidez de la cimbra, hacer seguidamente el cierre, con lo que la situación de la curva de las presiones sería normal, quedando todavía por obtener la inversión de las posiciones de esta curva de las presiones, para lo que no vemos otro medio que la hincas de juntas secas desde el intradós hacia el trasdós en la clave y del trasdós hacia el intradós en la junta de rotura.

Este medio puede aún suplir al primero si es bastante enérgico.

De cualquier modo que sea, se llega al resultado de que aumentando en notables proporciones el empuje y por consecuencia el desplazamiento horizontal de los vértices de las dos ó tres pilas siguientes, que son los únicos puntos de resistencia que se oponen á este empuje, se crea así una especie de ola de intensidad creciente que arrastra violentamente los vértices de las pilas en el sentido en que la construcción se efectúa, y como la reacción del último arco no es suficiente para anular este efecto, se tiene una obra que en el origen está sometida á esfuerzos considerables.

En resumen, el retacado de las juntas es una operación brutal, respecto de la cual no hay indicaciones precisas; engendra en los arcos esfuerzos favorables, pero de intensidad desconocida, y produce en las pilas esfuerzos desfavorables,

desgraciadamente también, de intensidad desconocida.

He aquí las dificultades que nos habían conducido, en los proyectos de viaducto de que hemos hablado, á emplear tantas cimbras como arcos y operar el cierre simultáneo de todas las bóvedas; como por el empleo de la platabanda no teníamos necesidad de invertir la posición normal de la curva de presiones, fué suficiente efectuar el cierre en una estación media, ó más bien en una época de temperatura un poco baja para que las condiciones iniciales fuesen tan perfectas como era de desear.

Es de observar, por otra parte, que el empleo de 12 cimbras en vez de 5, por ejemplo, que impide reempleos onerosos y que permite una venta más fácil de las maderas por no haber servido más que una vez no es muy costoso, pues este suplemento de gasto no llega á un 3 por 100 del precio total de la obra.—O.

EL PRIMER CONGRESO DE CARRETERAS

(CONTINUACIÓN)

No se dió gran importancia en este Congreso á los pavimentos de adoquín, asfalto y tarugos, por usarse poco en carreteras tales revestimientos; á pesar de esto, me ha parecido tan acabado el estudio que respecto de ellos hace el Ingeniero Jefe de Puentes y Calzadas M. P. Tur, adjunto al Inspector general encargado del servicio de Viabilidad pública de la villa de París, que he creído de utilidad, principalmente para los Ingenieros que se dedican á viabilidad en poblaciones importantes, trasladar á la REVISTA casi íntegra la Memoria presentada por dicho Ingeniero, no sólo porque en ella se hace un estudio concienzudo de los revestimientos citados sino, y principalmente, porque las conclusiones que de ella se desprenden respecto de asfaltados y entarugado son bastante distintas y aún están en oposición con las que se consignan en los libros que tratan de este particular.

He aquí lo que se dice en la referida Memoria:

«Hasta mitad del siglo último no se disponía para la construcción de calzadas, de carreteras y de calles más que de piedra martillada y adoquinada. Con frecuencia, es verdad, la naturaleza de los materiales, el modo de ejecución de los trabajos ú otras circunstancias locales modificaban el tipo corriente de estos dos sistemas de revestimientos. Pero los tipos secundarios así creados están desprovistos de todo interés general, puesto que su uso estaba limitado á regiones en donde los materiales de superior calidad eran raros, y por tanto caros, y donde las exigencias de la circulación eran modestas.

Por esta causa, la variedad más común de los pavimentos de piedra que en todo tiempo se han empleado en el campo estaba constituída por piedras de forma irregular, colocadas derechas unas junto á otras; esta calzada, que se llamaba calzada de bloques, era necesariamente desigual y dura.

En el Sur de Francia se usó piedra redonda inapta para la circulación; más tarde se usó esta misma, pero arregladas las cabezas, sin embargo, el sílex era muy deslizante y había que dar mucho bombeo al pavimento porque era muy delgado. Los pavimentos de pequeñas piedras de Inglaterra