

hacia el Sur y termina en Valladolid, con un recorrido de 60 kilómetros, siendo la longitud total de 207 kilómetros.

Una vez construido el Canal de Castilla empezó á prestar servicio de transporte, principalmente para los granos y harinas que desde las provincias de Valladolid y Palencia se dirigían á la de Santander, ya para las fábricas allí existentes, ya para su embarque en el puerto, desde donde se enviaban en su mayor parte á Cuba.

También prestó excelentes servicios para el establecimiento de fábricas de harinas, aprovechando la energía que había disponible en los saltos que producían las esclusas. Cuando el Gobierno entregó el Canal á la Empresa existían ya diez y nueve molinos, y la Compañía instaló desde el principio fábricas de harinas en el extremo del ramal del Sur, sobre el arroyo Zaratán, en las esclusas 30, 31 y 40, habiendo después establecido otros aprovechamientos que constituyen hoy su principal utilización.

El Canal, como medio de transporte, ha perdido casi totalmente su valor, puesto que yendo su trazado paralelo al del ferrocarril del Norte en una gran parte de su extensión, sólo podía servir para llevar mercancías desde Valladolid, Medina de Ríoseco y Palencia á Alar del Rey, siendo necesario hacer allí la descarga y transbordo á los vagones del ferrocarril, y la operación inversa si las mercancías de importación se consignaban desde Santander á Alar del Rey, para ser reexpedidas por el Canal á Palencia, Valladolid ó Ríoseco.

Fácilmente se comprende que la Compañía del ferrocarril, por medio de una tarifa combinada, podía hacer mucho más ventajoso el transporte directo, y así ha venido á suceder que de hecho el Canal no presta servicio hace mucho tiempo como vía de transporte, limitándose á utilizar la energía disponible en los saltos que proporcionan las esclusas.

Está, por lo tanto, muy justificado que se procure estudiar si como canal de riego podrá tener aplicación esta importante obra, que en breve plazo habrá de revertir al Estado. Con este objeto se habían incluido en el plan de obras hidráulicas pantanos de alimentación puesto que el caudal de agua que hoy discurre por el Canal no es más que de 4 y medio metros cúbicos, y eso sólo durante los meses de otoño, invierno y primavera, pues en el verano los ríos Pisuerga y Carrión no disponen de ese volumen en los puntos de toma, el primero por realizarse ésta en la parte alta de su cuenca, y el segundo porque los riegos existentes disminuyen mucho su estiaje.

Para remediar esta penuria se incluyeron en el plan de obras hidráulicas de 1900 los pantanos de Entrepeñas, hoy Príncipe Alfonso; Peña Caballera, hoy Infante Jaime; Recozones, Otero y la Hoz; los tres primeros en la cuenca del Pisuerga y los dos últimos en la del Carrión.

Los llamados Príncipe Alfonso é Infante Jaime tienen proyectos aprobados, y los otros tres están sólo en ante-proyecto. Una vez construidos estos embalses, podría dotarse al Canal con un volumen de 7 y medio metros cúbicos por segundo durante tres meses, con cuya cantidad podría asegurarse el riego de 25.000 hectáreas destinadas á cereales, suponiendo que se den dos riegos de primavera y uno de otoño, y que para uno de los primeros no sea necesario recurrir al agua de los embalses, puesto que en esa época los ríos tienen bastante en los puntos de alimentación del Canal para suministrar todo lo necesario para los riegos.

Aun cuando no se ha levantado el plano de la zona regable, de los reconocimientos practicados resulta que puede asegurarse que la superficie dominada por el Canal es mucho mayor de la consignada anteriormente; también la capacidad de transporte es mucha más de la supuesta; por lo tanto, el problema de su aprovechamiento es, en primer término, el de encontrar medio de aumentar los volúmenes embalsados, bien por aumento de los pantanos en proyecto, bien por la capacidad de éstos, si las condiciones del terreno son para ello favorables.

En ambos casos hay la seguridad de encontrar provechosa aplicación á toda el agua que pueda almacenarse, porque la zona dominada por el Canal es tan extensa, que aun sin suponerla dedicada á cultivo intensivo, ha de tener cabida para emplear toda el agua que pueda discurrir por el Canal. La transformación que esta mejora haya de producir en las provincias de Palencia y Valladolid es incalculable, puesto que sólo con asegurar la cosecha de cereales en la superficie servida por el Canal se habrá regenerado una gran parte de ambas provincias. Además, podrán también asegurarse los riegos de las vegas de Saldaña y Carrión en la cuenca de este último río antes de su confluencia con el Canal.

Claro es que tal ventaja implica el peligro de que no llegue al mismo todo el volumen que se le destine de los pantanos que alimentan la cuenca del Carrión, pero podrá conjurarse mediante un aforo exacto de los riegos actuales, que siempre habrán de salir beneficiados por la mayor regularidad que resulte en el régimen del río.

La ley, por otra parte, autoriza al Gobierno para concertar con la Empresa el utilizar el Canal para el riego desde el momento en que el volumen de agua embalsada en los pantanos permita disponer de la necesaria para este servicio; y como la Empresa ha de salir también beneficiada, si puede utilizar la energía de los saltos en los meses de verano en que ahora carece de agua, parece bien fácil el concierto de ambos intereses, puesto que, lejos de haber contraposición ó perjuicio, resulta beneficio en ambos conceptos; de modo que puede asegurarse que la aplicación de la nueva ley de transformación del Canal de Castilla en canal de riego ha de abrir una era de prosperidad para Castilla la Vieja, hoy tan necesitada de elementos que permitan mejorar su decadente agricultura.

P U E N T E S

Observaciones sobre la estabilidad de los viaductos.

M. Bonneau, Ingeniero de Puentes y Calzadas, ha publicado en los *Annales de Ponts et Chaussées*, tomo I, 1909, una nota referente á un estudio que ha llevado á cabo sobre las bóvedas y viaductos partiendo de ciertas hipótesis acerca de la deformación de los materiales empleados; fijándose principalmente en el caso de un viaducto ordinario, investiga lo que en esta obra ocurre basándose simplemente en los principios más elementales de la mecánica racional y de la resistencia de materiales, y haciendo uso solamente de dos ó tres resultados numéricos suministrados por el análisis, á fin de poder dar apreciaciones cuantitativas.

Casos de inestabilidad de un viaducto.—Un viaducto pue-

de caerse, ya porque sea inestable en el sentido de la mecánica racional, ya porque lo sea en el de la resistencia de los materiales.

La primera inestabilidad que llamaremos absoluta es la que resulta de la situación de un cuerpo que no puede contrarrestar las acciones que lo solicitan; por ejemplo, una mesa que es empujada horizontalmente y en la que la resultante del empuje y del peso propio sale fuera de la base de sustentación; esta inestabilidad es independiente de la naturaleza del cuerpo.

La segunda inestabilidad que llamaremos relativa es la que resulta de la situación de un cuerpo que está sometido en uno ó muchos puntos á acciones moleculares bastante importantes para determinar la desagregación de la materia y hacer que la forma primitiva cambie notablemente; por ejemplo, un piso cargado con exceso en el medio y que se rompe; esta inestabilidad depende evidentemente de la naturaleza del cuerpo.

Si tomamos una bóveda que se apoya entre dos estribos, estará en estado de inestabilidad absoluta cuando la resultante del empuje y del peso propio salga de la base de los estribos, y estará en estado de inestabilidad relativa cuando á consecuencia de la separación de los arranques la curva de presiones esté bastante próxima del trasdós en la clave y del intradós en los arranques, para que la materia no resista en estos puntos á la compresión que en ellos se desarrolla.

Siendo la curva de las presiones una noción de la mecánica racional, se puede decir que la inestabilidad absoluta se producirá cuando esta curva se salga del contorno aparente de la obra; es necesario, pues, que de antemano esta curva se aproxime hasta el punto en que se produzca la inestabilidad relativa. El estudio de la primera inestabilidad da, por lo tanto, un límite dentro del cual la segunda puede todavía producirse.

Ejemplos de inestabilidad absoluta de un viaducto.—Tomemos un viaducto compuesto de dos arcos (fig. 1.^a), y supongamos que los estribos son invariables y que la pila intermedia tiene una rigidez nula en el sentido horizontal, de suerte que pueda ser reemplazada por un carretón de dilatación.

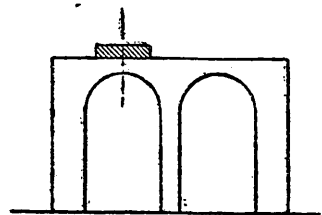


Fig. 1.ª

En el estado de reposo la estabilidad está asegurada por la fijeza de los estribos y la simetría del conjunto; el empuje es el mismo en los dos arcos y las curvas de presiones idénticas.

Carguemos ahora el arco de la izquierda; la carga da un empuje suplementario que por la izquierda encuentra su oposición en la resistencia del estribo, pero que por la derecha ha de venir necesariamente del arco próximo; el empuje debe, pues, aumentar en éste.

Este aumento desempeña el mismo papel que el esfuerzo horizontal sobre la mesa cuando ésta es bastante elevada para que la resultante del peso propio y del empuje total

salga del contorno aparente, y la inestabilidad absoluta será realizada; se llega así á esta noción muy clara; hay un límite que la sobrecarga del arco de la izquierda no debe rebasar.

Vamos á ver cuál deberá ser este límite.

Al mismo tiempo que el arco de la izquierda se peralta y que su empuje aumenta, el arco de la derecha se rebaja y su empuje disminuye; es necesario que la igualdad se realice antes de que una de las curvas de las presiones salga del contorno aparente del arco correspondiente.

El valor límite del empuje en el arco de la derecha se alcanza cuando la curva de las presiones es lo suficientemente aplastada para que toque el intradós en la clave y el trasdós en los arranques. Este valor es fácil de calcular escribiendo la igualdad de los momentos del empuje y del peso de la semibóveda en relación al punto de paso de la resultante en los arranques.

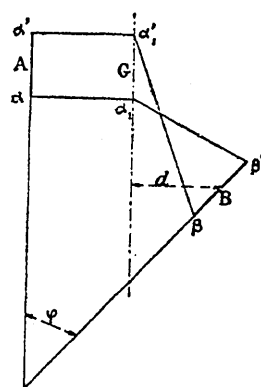


Fig. 2.ª

Representemos un esquema del semiarco (fig. 2.^a) con la sección $\alpha\alpha'$ de la clave, la $\beta\beta'$ del arranque y el centro de gravedad G de la bóveda; designemos por a la semiluz, por b la flecha, por d la distancia horizontal de G al centro del arranque, por e_0 y e_1 el espesor de las secciones extremas, por φ el ángulo que éstas forman entre sí y por P el peso de la semibóveda con su carga permanente. El valor límite del empuje es:

$$P \cdot \frac{d + e_1 \frac{\sin \varphi}{2}}{b - 2 \frac{e_0 + e_1 \cos \varphi}{2}}$$

De la misma manera en el arco de la izquierda, el valor límite del empuje será, suponiendo que la sobrecarga es simétrica y designando por P' la mitad de su peso y por d' la distancia del centro de gravedad al del arranque:

$$P' \cdot \frac{d - \frac{e \sin \varphi}{2}}{b + \frac{e_0 + e_1 \cos \varphi}{2}} + \frac{P' \frac{d' - e_1 \sin \varphi}{2}}{b + \frac{e_0 + e_1 \cos \varphi}{2}}$$

para no llegar á la inestabilidad es necesario que la segunda expresión sea siempre menor que la primera, es decir, que:

$$P' d' \left(1 - \frac{e_1 \sin \varphi}{2d'}\right) \left(1 - \frac{l_0 + e_1 \cos \varphi}{2b}\right) < P e_1 \sin \varphi + \frac{Pd}{b} (e_0 + e_1 \cos \varphi)$$

Se puede satisfacer á esta desigualdad:

1.º Disminuyendo $P'd'$, es decir, si la forma y el peso del convoy son conocidos, ensanchando la bóveda;

2.º Aumentando e_0 y e_1 , es decir, empleando bóvedas espesas; y

3.º Aumentando P ó $\frac{Pd}{b}$, esto es, haciendo una bóveda cuya carga permanente y el empuje sean elevados.

Esto pone de manifiesto claramente cuán peligroso es variar sin discernimiento los tres elementos de que venimos hablando: ancho, espesor y carga permanente de las bóvedas de un viaducto.

Tomemos, por ejemplo, arcos caracterizados de la manera siguiente, que es corriente en la práctica usual:

$$\varphi = 60^\circ \quad b = \frac{7}{12} a \quad e_0 = \lambda a \quad e_1 = 2e_0$$

$$P = p_0 a + \frac{a^2}{6} \delta \quad Pd = p_0 \frac{a^2}{2} + \frac{a^3}{30} \delta$$

en donde p_0 es la carga permanente en la clave, δ la densidad media de la bóveda y de su carga permanente y λ un coeficiente que generalmente se coge de manera que el valor e_0 corresponde á una fórmula próxima de la siguiente:

$$e_0 = 0,18 (1 + \sqrt{2a})$$

de suerte que λ es próximamente un décimo cuando a es próximamente 10 metros.

Para estos valores de los datos, la desigualdad que hemos indicado anteriormente se convierte en la siguiente:

$$0,70 P'd' < \lambda a^2 (3,5p_0 + 0,40a\delta),$$

y cuando la sobrecarga está uniformemente repartida á razón de un peso p' , por metro cuadrado, en la siguiente:

$$0,70 \frac{P'a^2}{2} < \lambda a^2 (3,5p_0 + 0,40a\delta).$$

Si se quiere reservar un cierto margen de manera, por ejemplo, que las oscilaciones de la curva de presiones no rebasen la mitad de la amplitud total que hemos determinado, la desigualdad á satisfacer será la siguiente:

$$0,80p'_0 < \lambda (3,5p_0 + 0,40a\delta).$$

Cuando la luz es de 20 metros próximamente, la sobrecarga constituida por un convoy de vagones de 50 toneladas puede llegar á 8 toneladas por metro lineal, ó sean 2 toneladas por metro cuadrado en una bóveda de 4 metros de anchura. En estas condiciones la desigualdad es:

$$0,45p_0 + 0,50\delta > 2,$$

que es satisfecha con las dimensiones ordinariamente adoptadas.

Si la luz es de 8 metros, la carga más desfavorable está constituida por una locomotora del tren tipo colocada en la clave, y para que la amplitud de la oscilación de la curva de presiones no rebase la mitad del límite indicado es necesario que

$$p_0 + \frac{\delta}{2} < 3,5,$$

condición que no se cumple generalmente con las dimensiones ordinarias.

En todos los casos se ve cuán falsa es la idea que tienen de la estabilidad de un viaducto los constructores, cuando quieren satisfacer á la condición de que la curva de las presiones no salga del tercio central.

Si en lugar de suponer que los arranques de dos arcos próximos se desplazan sobre un carretón horizontal, se admite que pueden también girar alrededor de un eje, el momento de la sobrecarga con relación á este eje provocará una rotación que no se contendrá más que después de una cierta deformación de la curva de presiones. Se tiene aquí una nueva causa de inestabilidad absoluta que presenta, sin embargo, mucho menos peligro que la precedente, puesto que las pilas tienen en este sentido una rigidez suficiente.

En la práctica estos casos de inestabilidad absoluta se transforman en casos de inestabilidad relativa á causa de la presencia de las pilas, pero hay interés en tratarlos desde el primer punto de vista por la claridad de los resultados.

Examinemos ahora lo que ocurre en la pila: es suficiente el suponer que el movimiento horizontal del carretón de dilatación y su movimiento de rotación están impedidos por dos resortes.

Es fácil ver desde luego que bajo la acción de la sobrecarga el vértice de la pila se mueve hacia la derecha y que por consecuencia el punto de aplicación de la reacción debe estar en la zona que corresponde á este desplazamiento; además, si la rigidez no es muy grande el vértice tiende á girar en el sentido de la sobrecarga y el punto de aplicación se encontrará en la zona correspondiente.

La parte común á estas dos zonas se determina fácilmente; es generalmente poco extensa en una pila de igual resistencia: es la región comprendida entre el tercio inferior y el medio.

Si la rotación del vértice es nula, el punto de aplicación está exactamente en el medio.

Examinemos la cuestión más de cerca escribiendo las ecuaciones de equilibrio del sólido formado por los dos semi arcos y la parte superior de la pila (fig. 3.ª)

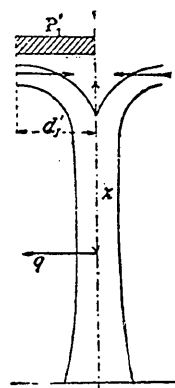


Fig. 3.ª

Designemos por Q , el empuje de cada arco en reposo, la acción de la sobrecarga produce un empuje suplementario igual á $\frac{P'd'}{b}$ que está equilibrado por una disminución Q en el empuje inicial del arco sobrecargado, un aumento Q en el arco próximo y la reacción q de la pila, se tiene, por lo tanto:

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

Si P'_1 y d'_1 son el peso de la sobrecarga contada hasta el eje de la pila y la distancia del centro de gravedad á este eje, el momento $P'_1 d'_1$ está equilibrado por el par de empujes sobre los arcos, el momento de reacción m de la pila y el momento de reacción M desarrollado por la rotación de los arranques;

$$P'_1 d'_1 = (Q_0 + Q') u_0 + m + M,$$

en donde u_0 designa la distancia vertical de los empujes definitivos en los dos arcos y

$$m = qz,$$

siendo z la distancia del punto de aplicación de q á la horizontal del vértice de los arcos.

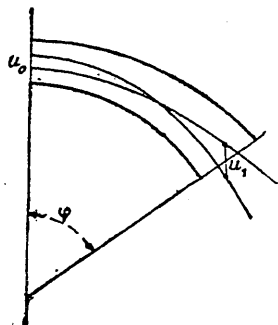


Fig. 4.*

Se puede, por otra parte, demostrar que $(Q_0 + Q)u_0$ es pequeño con relación á $P'_1 d'_1$. En efecto, se tiene (fig. 4.*):

$$Q + Q' = Q_0 \left(\frac{u_0 \sin \varphi}{d} + \frac{u_0 + u_1 \cos \varphi}{b} \right)$$

de donde

$$(Q + Q') b = Q_0 u_0 + Q_0 u_1 (\cos \varphi + \frac{b}{d} \sin \varphi).$$

En el segundo miembro el segundo término es siempre de tres á cuatro veces más grande que el primero; por lo tanto

$$Q_0 u_0 < \frac{1}{4} (Q + Q') b$$

y

$$(Q_0 + Q') u_0 < \frac{1}{4} (Q + Q') b + Q' u_0$$

y como Q y Q' son muy próximos y u_0 es menor que $\frac{b}{4}$

$$(Q_0 + Q') u_0 < \frac{3}{8} (Q + Q') b$$

ó bien

$$(Q_0 + Q') u_0 < \frac{3}{8} (P'_1 d'_1 - qb)$$

y como $P'_1 d'_1$ es generalmente muy próximo de $\frac{3}{2} P'_1 d'_1$ se tiene

$$(Q_0 + Q') u_0 < \frac{1}{5} P'_1 d'_1.$$

La ecuación de los momentos puede, por lo tanto, escribirse así:

$$\lambda P'_1 d'_1 = qz + M$$

siendo λ próximo de la unidad.

Es fácil ver en estos elementos cuál debe ser la rapidez de la pila para que su vértice no gire en el sentido de la sobrecarga; se tendrá, en efecto, en este caso

$$\frac{P'_1 d'_1}{b} = Q + Q' + q$$

y

$$\lambda P'_1 d'_1 = q \left(\frac{l}{2} + b \right),$$

siendo

$$q = 12 \frac{E'I'}{l^3} \alpha$$

designando por E' , I' y l el coeficiente de elasticidad, el momento de inercia y la altura de la pila y por α el desplazamiento horizontal del vértice.

Por otra parte, si las bóvedas no están muy apretadas

$$Q = Q' = K \frac{EI}{r^3} \alpha$$

designando por E , I y r el coeficiente de elasticidad, el momento de inercia en la clave y el radio de un arco, y por K un coeficiente que se determine en la teoría analítica de las bóvedas, y cuyo valor es próximamente 80 para el tipo de arco de 10 á 12 metros de luz que hemos admitido.

Llevando estas condiciones á la ecuación de momento, se tiene

$$1 + \frac{K}{6} \frac{EI}{E'I'} \frac{l^3}{r^3} = \frac{P'_1 d'_1}{\lambda P'_1 d'_1} \left(\frac{l}{2b} + 1 \right).$$

Si se supone que sensiblemente

$$\frac{P'_1 d'_1}{\lambda P'_1 d'_1} = 1$$

$$\frac{Ee^3}{E'e'^3} \cdot \frac{l^3}{r^3} = \frac{6l}{Kr} = \frac{1}{13} \frac{l}{r}$$

como sucede frecuentemente que

$$l = 4r$$

y

$$e = \frac{r}{10}$$

en estas condiciones si

$$E = E'$$

se debe tener

$$e' = 0,6r;$$

es decir, una dimensión muy superior á la que se adopta para las pilas de los grandes viaductos donde la regla habitual es

$$e' = 0,42.$$

Es verdad que hemos supuesto una pila de igual resistencia, y, por lo tanto, que sus dimensiones aumentan hacia la base, pero el coeficiente E' es un poco más débil que E , y aun admitiendo que nos hayamos equivocado en un 100 por 100 sobre la rigidez de la pila, todavía encontraremos

$$e' = 0,46r,$$

que es claramente superior á la dimensión habitual.

Resulta de aquí que con las dimensiones corrientes, el vértice de la pila girará ligeramente en el sentido de la sobrecarga, y el punto de aplicación de la reacción de la pila estará un poco por debajo de la mitad de la altura. El estudio analítico demuestra que M no alcanza valores notables más que cuando e' está en la mitad del valor admitido corrientemente; por lo tanto, se tendrá sensiblemente

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

y

$$q = \frac{P'd'}{\frac{e}{2} + b} = \frac{P'd'}{b} \cdot \frac{b}{\frac{e}{2} + b}$$

es decir, una proporción próximamente igual á $\frac{r}{8}$ del empuje suplementario que ha ocasionado la sobrecarga; no hemos, pues, cometido un error grosero cuando hemos supuesto que la pila era poco rígida horizontalmente.

Por lo que concierne al momento de rotación debido á la sobrecarga, la pila lo absorbe casi por entero como acabamos de decir si su dimensión, es suficiente, como ocurre en las pilas estribos, y aun absorbe una proporción tal que M resulta negativo y el vértice gira en sentido opuesto á la sobrecarga.

Ya que conocemos las acciones que solicitan á la pila, podemos ahora ver en qué caso puede estar en estado de inestabilidad absoluta; es necesario para esto que en un punto el momento de la reacción sea suficiente para que haga salir fuera de la sección de la pila el punto de aplicación del peso total.

La región más expuesta es la de los arranques, puesto que allí la sección es mínima, así como el peso total y el momento de q es sensiblemente el máximo.

Si se hace el cálculo del peso total P_i en los arranques en un arco de medio punto, se ve designando por δ la densidad media de la bóveda y del relleno, que muy sensiblemente

$$P_i = 2\delta \left[\left(r + \frac{e'}{r} \right) \left(r + \frac{3e_0}{2r} \right) - \frac{\pi r^2}{4} \right].$$

Por otra parte, el momento de que q es sensiblemente

$$\frac{1}{2} P_i d'_i = \frac{\delta'}{4} \left(r + \frac{e'}{2} \right)^2$$

designando por d' la densidad de la sobrecarga uniformemente repartida; de donde se saca

$$\frac{\frac{1}{2} P_i e'}{\frac{1}{2} P_i d'_i} = \frac{4\delta e'}{\delta'} \left(1 - \frac{\pi}{4} + \frac{3e_0}{2r} - \frac{e'}{2r} + \frac{\pi e'}{4r} \right).$$

En las bóvedas de 20 metros y más de luz, la carga uniformemente repartida máxima es de 2 toneladas por metro cuadrado, y la densidad media δ es igualmente próxima de 2 toneladas; por otra parte, e' es próximamente $0,4r$ y la relación resulta $1,8e'$ que es notablemente elevada, por lo que se evita, no solamente la inestabilidad absoluta, sino también el trabajo de extensión.

En una bóveda de 5 metros de luz la relación $\frac{\delta}{\delta'}$ puede ser $\frac{2}{3}$ al paso de una locomotora, y la relación de momento puede ser $1,5e'$, y si e' es igual á $0,4r$, $1,5e'$ es apenas igual á 2, tanto que se evita la inestabilidad absoluta, pero no se evita el trabajo de extensión.

Encontraríamos preferible en estas condiciones adoptar para el valor de e' una regla en función de e , en lugar de r , tomando, por ejemplo:

$$e' = 4e \text{ ó } 3e$$

y la estabilidad de los viaductos de pequeña luz sería de este

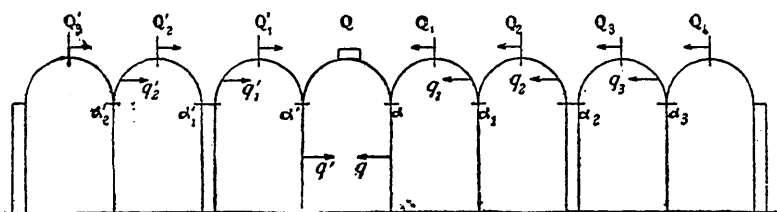
modo del mismo orden que el de la de los viaductos de grandes luces.

Esta regla unida á aquélla, según la cual

$$l = 4r$$

tendría igualmente la ventaja de mantener la constancia de la relación entre la rapidez de la bóveda y la de la pila, cualquiera que sea la altura del viaducto, y de impedir la rotación sensible de los arranques en el sentido de la sobrecarga.

Ejemplos de inestabilidad relativa de un viaducto.—Tomemos ahora un viaducto compuesto de muchos arcos; supongamos, por ejemplo, que hay ocho, estando los cuatro centrales comprendidos entre dos pilas estribos, y supongamos que el cuarto arco, partiendo de la izquierda, sea el único recargado (fig. 5.^a). Éste descende y empujará á las pilas y los arcos sucesivos en los dos sentidos. Designemos como antes por Q las modificaciones que este movimiento produce en el empuje, por q la reacción de las pilas y por α los desplazamientos horizontales.

Fig. 5.^a

Se puede notar desde luego que á la inversa de q y q' relativas al arco sobrecargado, todas las demás reacciones de las pilas están aplicadas en la proximidad del vértice, puesto que el elemento principal de la transmisión de los esfuerzos es el desplazamiento horizontal de la clave de las bóvedas sucesivas y que el momento de rotación es débil por razón de la poca rigidez de los arcos en este sentido.

Admitiremos, pues, que q está aplicado al vértice de las pilas.

Escribamos ahora las ecuaciones de proyección sobre la horizontal alrededor de cada pila.

$$Q_1 + q_3 = Q_3$$

$$Q_3 + q_2 = Q_2$$

$$Q_2 + q_1 = Q_1$$

$$Q_1 + q + Q = \frac{Pd'}{b}.$$

O.

(Se continuará.)

OBRAS DE HORMIGÓN DE CEMENTO DEL SERVICIO DE RIEGOS EN LOS ESTADOS UNIDOS

CON ALGUNAS NOTAS SOBRE LA DESAGREGACIÓN DE LOS HORMIGONES
POR LA ACCIÓN DE LAS AGUAS ALCALINAS (1)

No constituye el objeto de la presente Memoria la descripción completa y detallada de las obras que tiene á su cargo el Servicio de riegos, en las cuales se consumen gran-

(1) Memor'a presentada por Mr. J. Y. Jewett en el Congreso XI de la Asociación Americana para el Ensayo de Materiales.—Atlantic City, New Jersey; Junio, 1908.