

REVISTA EXTRANJERA

Los canales de navegación interior (Conclusión).

La resistencia encontrada por un barco en una masa de agua ilimitada se descompone en varias resistencias parciales: resistencia por choque, por depresión, acciones de torbellinos que se cruzan con la rugosidad del casco, resistencia propia del frotamiento, resistencia de estela ó debida á la formación de las ondas.

La depresión en el avance unida á la altura de la onda de proa inclina al barco, y en el canal de Dortmund al Ems, los barcos de 600 toneladas á la velocidad de 4 á 5 kilómetros, provocan una depresión de 11 á 12 centímetros, y si se fuerza la velocidad, el aumento de la depresión y de la pendiente produce rozamientos sobre el fondo á pesar de la existencia de una capa de agua de 40 á 50 centímetros.

En el canal de Suez se han comprobado depresiones de más de metro y medio al paso de los grandes vapores.

La velocidad de la contracorriente puede venir á ser importante si la relación entre la sección mojada del canal y la sección sumergida del barco no es considerable. En resumen, el autor calcula que para remolcar en un buen canal moderno, á la velocidad de 5 kilómetros, una chalana de hierro de formas afiladas, es necesario una potencia motriz dos á tres veces mayor que la que se necesitaría en aguas libres. Para un mal canal y barcos medianamente acondicionados, el esfuerzo de tracción necesario puede ser siete á ocho veces mayor.

La forma de cuchara preconizada por A. de Mas no sería muy favorable para los canales poco profundos, resultando que para remolcar una chalana de esta forma en el canal Dortmund-Ems en una sección mojada de 61,5 metros cuadrados y un calado de 2 metros á la velocidad de 5 kilómetros se necesita un esfuerzo de tracción superior en un 30 por 100 al que exige una chalana idéntica de forma afilada.

El autor concluye exponiendo la utilidad de estudiar formas de proa que repartan racionalmente el agua de contracorriente en las diferentes partes de la sección.

El estado del casco viene también á desempeñar un papel importante para el frotamiento en un medio ilimitado. Parece que la sola sustitución de un fondo de palastro á un fondo de madera puede disminuir en un 50 por 100 la resistencia de este frotamiento, en tanto que en aguas libres el reemplazo total del casco no disminuye esta resistencia más que en un 30 por 100.

El mismo barco de 600 toneladas, navegando en una inmersión de 1,75 metros á la velocidad de 5 kilómetros, encuentra:

En una sección de 100,5 metros cuadrados una resistencia de 0,60 kilogramos por tonelada.

En una ídem de 75,4 ídem ídem una ídem de 0,92 ídem por ídem.

En una ídem de 61,5 ídem ídem una ídem de 1,41 ídem por ídem.

En una sección de 59,5 metros cuadrados donde el calado sea de 2,55 metros en lugar de 2,50, la resistencia del mismo barco disminuye de 1,41 kilogramos por tonelada á 1,22 á causa del mayor espesor de la capa de agua (0,80 en lugar de 0,75).

En la segunda parte de su interesante estudio, el autor examina las principales expresiones analíticas de la resistencia á la tracción, limitándose á citar como fórmula para la resistencia en los canales la que ha propuesto recientemente Gebers.

$$R = (Ka + \lambda S) v^{2,25}$$

y cuando la altura del agua bajo el fondo del barco es igual ó inferior á un metro.

$$R = (Ka + \lambda S_m + \lambda_r S_r) v^{2,25}$$

en la que

a es la sección maestra del barco.

S la superficie sumergida del casco.

S_m la superficie mojada de las paredes.

S_r la superficie del fondo del barco.

K el coeficiente de resistencia relativo á la forma del casco que varía de 1,7 á 3,5.

λ_r el coeficiente relativo á la viscosidad y á los torbellinos; para el fondo varía según el espesor de la capa de agua comprendida entre 0,25 y 1 metro, de 0,14 á 0,25. Con un fondo de madera es mucho más elevado.

v es la suma de la velocidad de marcha y de la velocidad de la corriente lateral de reflejo. Esta última v_r se obtiene teniendo en cuenta los principales elementos de la sección transversal.

$$v_r = \frac{v(a + a\delta)}{A - (a - a\delta)}$$

en la que A es la sección líquida y δ representa la altura media de la depresión, ó sea con la fórmula de Thiele,

$$\delta = \frac{(v + v_r)^2 - v^2}{2g}$$

Es necesario observar que esta fórmula no encierra coeficiente relativo á la naturaleza y al estado de las paredes del canal ni á la forma del perfil mojado.

Los experimentos de De Mas han mostrado que un convoy de cuatro chalanas reunidas á una distancia de una longitud encontraba una resistencia casi igual á la suma de sus resistencias aisladas. Esta resistencia se reduce en un 10 á un 16 por 100, si la distancia se disminuye á 12 metros y la velocidad se eleva de 0,50 á 2 metros por segundo.

De los resultados de experimentos hechos en el canal Dortmund-Ems con grandes barcos de 600 toneladas, ha deducido Haark que para espacios superiores á 40 metros la resistencia de un convoy es igual á la suma de las de las unidades y que el aumento de las distancias no tiene más que una repercusión insignificante.

Parece establecido por los experimentos del Instituto experimental de Berlín que cuando la distancia es pequeña el primer barco encuentra una resistencia menor que si navegase aisladamente y menor también que la de los barcos siguientes. La onda de proa del segundo barco entra entonces en la depresión de popa del primero, la velocidad de cortacorriente se reduce, y de aquí el levantamiento del barco y la disminución de la resistencia, debida á los torbellinos sobre el fondo.

Hay, por el contrario, aumento de resistencia para los barcos siguientes, mayor para el tercero que para el segundo y para el cuarto que para el tercero. Cuando el número de barcos aumenta más, la resistencia total del convoy acaba por ser mayor que la suma de las resistencias referentes á cada unidad tomada aisladamente.

El encuentro y el cruce de los barcos dan lugar á observaciones interesantes; en general, los conductores tienden á retardar su marcha cuando se ven á distancia. Parece que en los canales de tráfico intenso un retardo semejante arrastra una pérdida importante de tiempo que se podría evitar muy á menudo. Esta es la opinión de Krey, que se apoya sobre numerosos experimentos hechos en el laboratorio técnico de Berlín; supone, por otra parte, canales de forma conveniente y personal experimentado. El autor encuentra excesivo el optimismo de Krey, y considera el retardo como prudente desde que la velo-

cidad es superior á 5 kilómetros. Lo mismo sucede para los pasos por las curvas y cuando se adelanta, por ejemplo, un barco de motor.

Consecuencias que sobre los postes de una conducción eléctrica ejerce el arranque de la línea entre dos de ellos.

El asunto ha sido tratado, especialmente desde el punto de vista estático, por muchos autores, pero pocos se han preocupado seriamente de las acciones dinámicas que el arranque de una tirada lleva consigo y de las consecuencias que produce sobre los postes.

En esta nota queremos llamar la atención de los técnicos sobre un método gráfico, mediante el cual este interesante problema puede ser racionalmente planteado y resuelto con singular sencillez, y para ello extractamos á continuación un artículo del Ingeniero Gustavo Colonnetti publicado en el *Giornale del Genio Civile*.

Empezaremos, como hace el autor, por precisar de qué modo se desenvuelve el fenómeno que queremos estudiar. Para ello consideremos una serie de tiradas consecutivas (fig. 1.^a), y supongamos que en una de ellas acaece el accidente que viene á

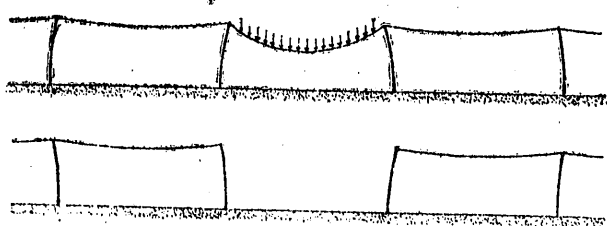


Fig. 1.^a

determinar el arranque: unas veces será una carga excepcionalmente grande de nieve ó de viento, acompañada forzosamente de un importante descenso de temperatura; otras veces será el choque de un árbol que cae sobre la tirada gravitando sobre ella con su peso; poco importa, sin embargo, para nosotros el conocimiento de esta eventualidad; lo que sí viene á ser cierto es que debe comenzar por determinar un incremento en la tensión de la tirada.

El hilo ó los hilos que la componen actuarán, indudablemente, con una tensión tal, que perderán en todos los casos el acostumbrado mayor ó menor margen de seguridad; su tensión máxima prevista será siempre notablemente más baja que la que puede causar la rotura.

Durante este excepcional incremento de la tensión de una tirada, ¿qué ocurrirá á los postes que la limitan?

Es evidente que éstos, bajo la acción de la nueva fuerza en juego, deberán deformarse inclinándose hacia el interior de la tirada misma, hasta que las reacciones elásticas que en ellas vengan á engendrarse, unidas á las crecientes tensiones de las tiradas adyacentes, resulten suficientes para equilibrar la acción de la tirada sobrecargada.

Se sigue de aquí que, en el momento en que los hilos de esta tirada lleguen á romperse, los postes que la limitan vendrán inmediatamente á encontrarse libres de las relativas tensiones, bajo la acción simultánea de las reacciones elásticas que tienden á anular la precedente deformación y de las tensiones de las tiradas adyacentes en virtud de las cuales deberán aquéllos inclinarse en sentido contrario.

Tales postes iniciarán entonces una serie nueva de oscilaciones en torno á sus posiciones de equilibrio, durante las cuales su resistencia estará expuesta á una dura prueba.

El problema de su capacidad para resistir en esta excepcional eventualidad se reduce natural y completamente á la determinación de la deformación máxima que se verifica durante el período dinámico del fenómeno.

Consideremos ahora un poste determinado y supongamos, para fijar las ideas, que el arranque se verifica en la tirada inmediatamente á la izquierda de aquél.

Supongamos para mayor sencillez que las dos tiradas que en aquél terminan estén ambas contenidas en un mismo plano vertical, y que en él se halle también uno de los ejes principales centrales de inercia de cada sección recta del poste; en esta hipótesis el mismo plano contendrá también las varias deformaciones del poste que nos parecerá conveniente considerar.

Nos limitaremos ahora á la determinación de los cambios de lugar de su extremo superior y supondremos, por razones sobre las cuales sería ocioso insistir, que las componentes verticales de estos cambios de lugar se verifiquen siempre frente á las respectivas componentes horizontales (flechas).

Esto supuesto, he aquí cómo conviene proceder:

Sobre dos ejes coordenados ortogonales Ox y Oy (fig. 2.^a) se representarán, respectivamente, los cambios de lugar horizontales del extremo del poste y las componentes también horizontales de las fuerzas á él aplicadas.

Se sabe ahora representar gráficamente el comportamiento elástico del poste mediante una recta $A_1 B_1$ que pase por el origen O , cuya inclinación sobre el eje de las abscisas medirá la intensidad de la fuerza que al extremo superior de dicho poste se debe aplicar según una horizontal contenida en el plano de las tiradas, si se quiere que el extremo mismo sufra en la misma dirección un cambio de lugar igual á la unidad de longitud.

Menos sencilla resulta la representación del comportamiento de las tiradas, esto es, de la relación que liga los cambios de lugar horizontales del extremo del poste con las componentes de las tensiones de los hilos. Pero, sin embargo, el problema se sabrá siempre resolver con la aproximación deseada, ya se tengan ó no en cuenta las deformaciones de los otros postes de la conducción. Se llega en todos los casos á una curva cuya forma (para la tirada de la derecha) es la de $A_1 B_1$, con ordenadas lentamente decrecientes para cambios de lugar vueltos hacia el interior de la tirada, y rápidamente crecientes para cambios de lugar vueltos hacia el exterior.

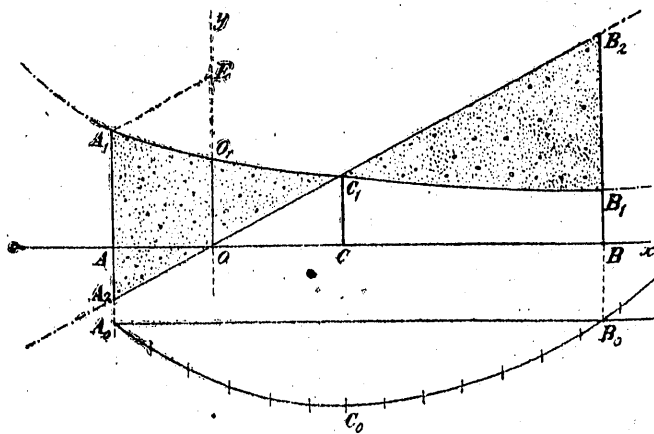


Fig. 2.^a

La ordenada OO_1 , que esta curva presenta en correspondencia con el origen, medirá la tensión horizontal de la tirada de la derecha en la hipótesis que el poste no haya sufrido ninguna deformación. Porque en estas condiciones, encontrándose en equilibrio, ocurre, naturalmente, que una tensión horizontal igual se desarrollará en la tirada de la izquierda.

Sea EO (generalmente bastante mayor que O_1O) la tensión horizontal que esta última tirada tiene cuando está á punto de romperse.

Trazando por E una paralela á la recta $A_1 B_1$ hasta que encuentre en A_1 á la curva $A_1 B_1$ se obtiene inmediatamente en OA el cambio de lugar del extremo del poste en el instante inmediatamente precedente á la rotura: la suma algebraica de las dos tensiones horizontales AA_1 de la tirada de la derecha y $A_1 A_2 = EO$ de la tirada de la izquierda es, indudablemente,