

caso cuando disponen de la máquina, pueden verse obligados á maniobrar como tales veleros, por averías enaquella. Además, salvo la diferente naturaleza del motor, viento ó vapor, las condiciones de los cascos de los buques, y las perturbaciones que sufren en su marcha por las olas y los golpes de mar, son las mismas para unos que para otros.

Ocioso es decir, que si la boca del puerto está bien orientada y dispuesta para los buques de vela, mejor lo estará para los de vapor, que ordinariamente no están sujetos á las contingencias que trae consigo el cambio de dirección ó intensidad del viento.

Supongamos (fig. 22.^a) que un buque viene á refugiarse al puerto, huyendo de un temporal producido por el viento V, del cual está resguardado el puerto por el dique ABC.

Es evidente que el buque, para entrar, debe *ceñir el viento* todo lo posible, y seguirá, por tanto, una dirección Rv (Ruta verdadera), cuyo conocimiento es de capital importancia para el trazado de los diques, y que intentaremos determinar lo más exactamente que podamos.

Se sabe que cuando el viento bate de través las velas del buque, la componente normal á la dirección de la quilla origina un movimiento en sentido transversal, que es lo que se llama *deriva ó abatimiento*, el cual alcanza su máximo cuando el buque marcha de *bolina*. Esta *deriva* cambia, naturalmente, según la intensidad del viento, y las condiciones y construcción del barco; pero como hay siempre para cada inclinación de las vergas una relación constante entre la componente normal y la paralela á la quilla; y, de otra parte,

se ha llegado á establecer, para la construcción de buques, relaciones casi invariables entre la superficie de velas y las dimensiones del casco, se concibe fácilmente que el ángulo de *abatimiento* estará siempre comprendido entre límites muy próximos.

Después de numerosas observaciones, Cialdi, cuya autoridad en la materia es indiscutible, fija en un cuarto (1) el ángulo de *abatimiento* en la marcha de *bolina*, y, por nuestra parte, creemos que este dato es el que debe adoptarse siempre.

Otra causa del abatimiento en la marcha de los buques, es la acción de los golpes de mar y de la corriente de oleaje sobre el casco; conviniendo estudiar esta nueva causa, más variable aún que la acción del viento.

(Se continuará.)

ROTURA DE PUENTES METÁLICOS

(DEL BOLETÍN DE LA SOCIEDAD DE INGENIEROS CIVILES DE FRANCIA)

(Continuación.)

Tanto estas roturas, como la flexión de las barras comprimidas, se sucedieron en menos de un segundo; el puente no estaba más que á 0,30 metros del suelo, así es que tropezó, casi inmediatamente, con las piezas de madera que se tenían dispuestas para amortiguar el golpe, deteniéndole en toda la primera fase de la rotura.

Por estas razones, el aspecto de la ruina resultó muy interesante; confirma los grandes cuidados que hay que tener, tanto para conservar la rectitud de las

(1) N. del A.—11°-15°.

piezas sujetas á la flexión, como para calcularlas ó reforzarlas; por el contrario, prueba que por minuciosos y desfavorables que sean los cálculos necesarios para la investigación de las tensiones secundarias, dan resultados que pierden todo su valor desde el momento en que dichas tensiones pasan del límite de elasticidad; puesto que entonces, y aun antes, se deben producir deformaciones; y estas deformaciones establecen un nuevo estado de equilibrio siempre favorable, y sin comprometer la estabilidad del conjunto.

Se observaron, en efecto, en todo el puente, un poco antes de la rotura, deformaciones muy sensibles y pequeñas aberturas en las juntas, sobre todo en los vértices extremos, en que los esfuerzos secundarios eran más intensos.

La flexión del puente, normal durante la primera fase del ensayo, había excedido antes de la rotura de los valores dados por el cálculo, pues llegó á 0.08 metros próximamente. Los grandes esfuerzos á que estaba sometido le hicieron sensible á las menores vibraciones, tanto, que la descarga de una sola vagoneta de balasto le imprimía oscilaciones de más de medio milímetro en el plano horizontal y en el vertical.

Las barras de las celosías se doblaron de muy diversas maneras; las comprimidas presentaban, en general, una convexidad muy pronunciada hacia los apoyos; las sometidas á tensión afectaban ligeramente la forma de una S.

La Memoria oficial, que la autoridad federal ha de publicar seguramente sobre estos ensayos, será de gran valor por el gran número de observaciones y por el cuidado con que todas las operaciones se han hecho.

Un ensayo del mismo género se ha-

rá en breve en Alemania, y sería conveniente se hicieran muchos más, pues solamente con la repetición de las experiencias podrá llegarse á obtener resultados exactos.

La Sociedad austriaca de Ingenieros y Arquitectos, ha mandado hacer el año 1891 en los grandes talleres de construcción de Gridl, en Viena, una serie de ensayos de roturas de vigas llenas y de celosías de varios tipos, llegando hasta luces de 10 metros y empleando diversas clases de material, tanto por su calidad, como por la manera de trabajarlo. En el órgano de la Sociedad (*Zeitschrift des österreichischen Ingenieur und Architekten vereins*, 1891, p. 63), se ha publicado una minuciosa Memoria, dando cuenta de los resultados de estas experiencias.

Se ha encontrado que para las pequeñas luces, las vigas laminadas ofrecen una resistencia mucho mayor que las cosidas; éstas se rompieron con cargas equivalentes á un trabajo teórico á la flexión de 30 á 35 kilogramos por milímetro cuadrado, mientras que las otras resistieron muchas veces á 50 kilogramos por milímetro cuadrado (valor calculado) y aun más. Las vigas en celosía se rompieron con cargas correspondientes á un trabajo teórico de 24 á 38 kilogramos por milímetro cuadrado, y los resultados más favorables se obtuvieron con vigas rectas de doble celosía con montantes de hierro Siemens-Martin, trabajado con gran esmero.

Mr. Elskes da algunos detalles sobre las recientes catástrofes de Chester y de Ashtabula, en los Estados Unidos, que fueron debidos á imprudencias en la construcción ó en la ejecución de las obras. Estos desastres dieron por resultado una inspección general de los puen-

tes de todos los Estados de la Unión, la creación de un servicio de vigilancia y la introducción en los cálculos de la teoría de la flexión (flambage). Pero el gobierno no juzgó conveniente ejercer por sí mismo una vigilancia sobre los puentes metálicos, á pesar de la energía desplegada, en esta ocasión, por el Presidente Grant, y sólo el Estado de Massachusetts tiene, al presente, un Inspector general de Puentes.

El puente de Hopfgarten, en Austria, en la línea de Salzburg á Worgl, se derrumbó en 5 de Octubre de 1886 al pasar un tren de mercancías, cuya máquina había llegado felizmente al estribo opuesto; se quiso explicar este accidente por la mala calidad de los materiales y también por la rotura del arriostramiento inferior; pero por la generalidad se ha admitido después, que hubo encurvamiento de las vigas principales y flexión del arriostramiento superior.

Los austriacos practicaron enseguida una comprobación oficial de los puentes metálicos, y tanto los ferrocarriles del Estado, como las diversas Compañías, han reforzado ó reconstruido casi todas las obras metálicas. Estos interesantes é importantísimos trabajos tocan ya á su término y han de dar, según la opinión de todos, resultados excelentes.

En Suiza el accidente de Monchensstein fué terrible; pero las medidas tomadas para el porvenir han sido muy enérgicas, y permiten predecir, con certeza, que durante algunos años no habrá que temer roturas en los puentes.

El autor resume las conclusiones que se pueden sacar del estudio de los hechos estudiados, del modo siguiente:

1.º La frase «fuerte como el hierro» y el axioma de que «el hierro es un ma-

terial eterno, bueno para todo y que no necesita cuidados», ha pasado de moda.

2.º Sin embargo, es preciso, casi siempre, la reunión extraordinaria de una porción de circunstancias desgraciadas para que se produzca la caída de un puente metálico, por mediano que sea.

3.º El enemigo más temible, ó por mejor decir, el sólo enemigo verdaderamente serio y que hay que combatir, es la flexión de las piezas poco rígidas en comparación con su longitud, y en particular las del arriostramiento superior en los puentes abiertos. Las demás acciones perniciosas, conocidas con el nombre de esfuerzos secundarios, bien merecen este nombre, pues nunca han sido causa de la caída de un puente.

4.º La mayoría de los puentes caídos eran muy débiles; es preciso tener, por lo tanto, un gran cuidado al redactar los proyectos, sobre todo para evitar las deformaciones parciales.

5.º Es probable, sin embargo, que ningún puente, por débil que fuese, se haya caído sin otra causa especial y determinante, tal como un defecto de construcción ó de montaje, por ejemplo, ó un choque ó avería anterior.

6.º Los cuadros A y B (1) indican, por años y países, la frecuencia de los casos de rotura que el autor ha podido reunir, y el cuadro C, más interesante todavía, los presenta agrupados según su año de construcción, y se ve que parece pesar una fatalidad sobre los nacidos desde 1871 á 78. Fué esta una época en que se sintió una gran crisis metálica; pero hay que reconocer también

(1) No creemos necesario publicar esos cuadros, tanto más, cuanto que el autor reconoce que los datos son muy incompletos y no permiten dar gran importancia á esta parte de su estadística.

que fué el período en que se extendieron los elegantes procedimientos de la Estática gráfica, y con ellos una fe demasiado ciega en las excelencias del cálculo é infalibilidad de las fórmulas.

7.º La oxidación es, en verdad, un enemigo peligroso, pero que nosotros sepamos, no ha causado ni acelerado mucho la destrucción de ningún puente; sin embargo, se han encontrado en algunas demoliciones ejemplos verdaderamente terribles de corrosiones; los Ingenieros encargados de la conservación de los puentes, tienen que tener una exquisita vigilancia para disputar la presa á este silencioso enemigo.

8.º Los hierros se rompen, con preferencia, en los sitios en que su perfil cambia bruscamente, y es, por tanto, de gran utilidad el evitar estas formas.

9.º El hecho de que cuatro veces (Asthabula, Hopfgarten, Big-Otter y Chester) la máquina, causa primordial del desastre, ha franqueado el puente sin daño ninguno para ella, prueba que hay un cierto retraso en la manera de transmitirse las perturbaciones, y en particular las que resultan de vibraciones ó de choques debidos á las sobrecargas.

Cabe, pues, pensar si el tren fatal ha sido, en cada caso, el verdadero causante de la rotura, ó si para ciertos puentes, sobre todo en las obras resentidas, la de Mönchenstein, por ejemplo, las vibraciones ó choques exteriores, debidos á los trenes precedentes, han puesto á la construcción en el límite mismo de la resistencia, es decir, en un estado tal de inestabilidad, que ha bastado una gota para que el vaso se derramase.

Esta versión, que el autor está lejos de pretender sea completamente exacta, es por lo menos muy plausible, y no

es solamente él quien la considera como tal, pues explica varios singulares fenómenos, narrados por testigos oculares de la catástrofe.

10. Como se ve, la teoría de los puentes metálicos está aún rodeada de grandes sombras, y sólo coordinando los resultados de observaciones numerosas y de todo género se llegará á poderlas desvanecer. Estas observaciones son laboriosas y exigen tanta paciencia, perseverancia y juicio, como exactitud y ciencia, y todas las que se han podido hacer desde 1891 no son más que la mínima parte de las que son precisas para aclarar ciertos puntos.

MOVIMIENTO DEL PERSONAL

OBRAS PÚBLICAS

INGENIEROS

El Jefe de segunda clase D Carlos Cardenal ha sido destinado á la Jefatura de la División hidrológica del Ebro.

Ha sido trasladado de la División Hidrológica del Ebro á la Jefatura de Tarragona el Ingeniero segundo D. Antonio Fernández Navarrete.

El Ingeniero primero D José Grigelmo Aguado ha sido trasladado de la provincia de Madrid á la División de Ferrocarriles del Oeste.

Ha sido trasladado de la Jefatura de Obras públicas de Huelva á la de Segovia el Ingeniero segundo D. Indalecio Pérez Toresano.

AYUDANTES

El Ayudante segundo, Oficial cuarto, D. Santiago Valor y Vilaplana, destinado á la provincia de Lugo, ha pedi-