

LOS PUENTES DE FUNDICION COMPARADOS CON LOS DE HIERRO FORJADO.

(Continuacion.)

PUENTES DE CUCHILLOS PARABÓLICOS.

Estos puentes participan de casi todas las ventajas de los de vigas rectas articuladas, y por tanto, á ellos es aplicable en gran parte lo que dirémos acerca de estos últimos.

PUENTES DE VIGAS RECTAS ARTICULADAS.

El carácter distintivo de estas construcciones es el de que todas las piezas que las componen se colocan por sí en la direccion misma de los esfuerzos que las solicitan; se sabe así de antemano y con toda seguridad la tension ó compresion á que van á hallarse sujetas y se puede utilizar íntegramente el trabajo del hierro, resultando los puentes más ligeros y económicos que en los demas sistemas.

Pero ademas de esta notable ventaja, presentan los puentes americanos otras de gran importancia, que enumerarémos brevemente.

Es un hecho indiscutible que estos sistemas de vigas ofrecen para el montaje grandes facilidades, al mismo tiempo que se prestan á una gran rapidez de preparacion por el empleo de piezas de longitud uniforme, de las cuales un notable número tienen la misma seccion. Esto permite que se pueda montar un puente, aún cuando sea de grandes dimensiones, empleando sólo un corto número de dias y sin que sea preciso establecer instalaciones para el trabajo del metal ni para alojar á los obreros.

La facilidad y rapidez en el montaje de esta clase de puentes permiten ademas que puedan prestar importantes servicios en las operaciones militares, en aquellos casos en que sea necesario interceptar ó restablecer la circulacion sobre los caminos de hierro, pues basta quitar algunos pernos para producir la caida de un tramo: sistema preferible á la destruccion por medio de la pólvora, siempre peligrosa y generalmente poco segura. El montar de nuevo la construccion, bien sea descansando sobre las pilas antiguas, ó sobre apoyos provisionales preparados de antemano, puede hacerse en uno ó dos dias, restableciéndose rápidamente y en condiciones de perfecta seguridad la marcha de los trenes.

Presentan tambien estos puentes la ventaja de la poca superficie que ofrecen á la accion de la herrumbre, que en ellos es tanto ménos de temer por la facilidad con que se pueden examinar todas las piezas

y pintarlas cuando sea necesario. Oponen, por último, muy poca superficie á la accion del viento, y no retienen la nieve ni sobre el piso ni en otros puntos.

El sistema de union de las diversas piezas de los puentes americanos por medio de pasadores que forman eje de articulacion es tambien preferible al empleado en Europa, si se fabrican esmeradamente las diversas piezas y uniones de la construccion, y las ventajas son tanto más notables á medida que aumenta la luz del puente.

El empleo de los roblones presenta, en efecto, los múltiples inconvenientes de debilitar las piezas precisamente en los puntos en que es más necesario que ofrezcan mayor resistencia, y tambien altera ésta en las demas partes del material; los roblones trabajan desigualmente; y por último, este sistema se presta difícilmente á la trasmision de los esfuerzos en la direccion de los ejes de las piezas; mientras que las uniones articuladas, no obstante las variaciones de los ángulos que las piezas forman entre sí, ofrecen la ventaja de que los esfuerzos se distribuyen siempre uniformemente.

En cuanto á la objecion de que la solidez de esta clase de puentes se fia á la resistencia de los pasadores que podrian ocasionar la ruina completa de la obra en el caso de que cediese alguna articulacion, es de bien escaso valor.

En primer lugar, todas las partes de la construccion se fabrican esmeradamente y se las somete á pruebas que ofrecen para su resistencia garantías mucho mayores que aquéllas á las cuales se pueden sujetar las piezas roblonadas, puesto que estas pruebas pueden aplicarse á la mayor parte de las piezas y de las uniones, y no solamente á un corto número de ellas tomadas al azar; por otra parte, las articulaciones están constantemente á la vista y se pueden cambiar los pasadores con suma facilidad.

Añadirémos que los inconvenientes que pueden resultar del juego de las articulaciones disminuyen á medida que aumenta la luz de los tramos, á causa de la menor influencia de la accion de las sobrecargas; al par que las ventajas que ofrece este sistema de union sobre el empleo de los roblones, bajo el punto de vista de la economia del metal empleado, van adquiriendo mayor importancia.

Hay, por último, una consideracion de gran interes, que es regla general aplicable á todas las construcciones de metal, y que conviene tener muy presente al estudiar los proyectos de la clase de obras de que nos ocupamos.

En la casi totalidad de los puentes construidos en los Estados de la Union Americana durante los últimos treinta años, y cualquiera que sea el sistema adoptado, domina el principio comun de emplear el metal sometido á esfuerzos de traccion con preferencia á los de compresion, limitándose generalmente las piezas sometidas á este género de esfuerzos á los montantes y á los cortos trozos que componen la cabeza superior de las vigas articuladas; de este modo se utiliza de una manera más completa la resistencia del metal, obteniéndose, por lo tanto, una economía que en ciertos casos puede alcanzar gran importancia.

En efecto : partiendo de la hipótesis generalmente admitida de que los prismas de hierro ó de fundicion trabajan como si estuviesen formados de fibras longitudinales paralelas, fácilmente se comprende que á cada fibra puede considerársela como constituida por moléculas articuladas. Ahora bien ; la resistencia del prisma á la extension, que es proporcional á su seccion transversal, es en un todo independiente de su longitud ; pero si, por el contrario, consideramos un prisma comprimido, este género de esfuerzo tiende, no sólo á aproximar las moléculas, acortando la longitud de las fibras, sino que tambien ocasiona para aquéllas un estado de equilibrio inestable tendiendo á desunirlas transversalmente ; y este peligro ofrece tanta más importancia, cuanto que las contingencias de la agregacion mecánica impiden prever sobre qué punto del prisma es más de temer que se produzca la desunion. De aquí se deduce que los prismas comprimidos trabajan en peores condiciones que los sometidos á esfuerzos de tension y están expuestos á deformarse bajo la accion de una carga muy inferior á la que ocasiona el aplastamiento, y, por lo tanto, la prevision aconseja permanecer en ellos más léjos del límite de resistencia del metal que si se tratase de piezas que trabajen á la extension ; de donde resulta que el mantener á los primeros en buenas condiciones de seguridad lleva consigo un exceso de material y, por consiguiente, de coste.

Este peligro especial de los prismas comprimidos sólo puede remediarse dando mayores dimensiones á la seccion transversal, ó proporcionándoles puntos de apoyo intermedios : circunstancias ambas que se traducen en aumento del metal empleado, y que en último extremo ocasionan un aumento en el importe del presupuesto, que en ciertos casos puede alcanzar gran importancia.

Aun cuando con lo dicho basta para comprender

la diferencia esencial y notable que existe entre los dos modos de resistencia del metal y la inferioridad del uno con relacion al otro, terminaremos dando una demostracion, por decirlo así, práctica de este principio. Un prisma de acero de seccion cualquiera podria ser suspendido por su extremo superior á una decena de kilómetros encima de la superficie de la tierra, quedando su extremidad inferior á corta distancia de ésta, sin que la parte de este prisma inmediata al punto de suspension se rompiese bajo la accion del esfuerzo total ; pero imaginemos el mismo prisma apoyado sobre su base inferior, á la que supondremos 2 ó 3 centímetros de lado, y aunque la altura de 10.000 metros ántes supuesta se reduzca á la décima, ó aún cuando sea á la centésima parte, es decir, que sólo mida 1.000 ó 100 metros, no por eso dejaria el prisma de deformarse, encorvándose sobre si mismo, cual si con vano empeño se tratase de mantener en pié un delgado hilo que sólo en su extremo inferior tuviese apoyo ; y esto no obstante, la parte inferior del prisma estaria más léjos de aplastarse en este segundo caso que la parte superior lo estaria de desgarrarse en el primero : ó en otros términos, que sometido el metal á esfuerzos de traccion, se puede, sin tanto peligro para la estabilidad de la construccion, acercarse bastante más al límite de resistencia que en el caso de que el esfuerzo sea de compresion.

Conviene observar que los Ingenieros americanos desechan por completo la solidaridad de los tramos, lo que está plenamente justificado por la imposibilidad de realizar en la práctica las hipótesis sobre que descansa la teoría de las vigas continuas.

En efecto : independientemente de los desiguales asientos y de las variaciones del módulo de elasticidad en las diversas piezas que componen la armazon metálica, los cambios de temperatura, afectando en distinto grado á las diversas partes que entran á componer dicha armazon, pueden producir alteraciones considerables en las reacciones de los apoyos y en el trabajo de las piezas.

La influencia de estas variaciones está muy léjos de ser despreciable. M. Steiner ha demostrado, en efecto, por medio del cálculo, que en una viga recta colocada sobre tres apoyos una diferencia de temperatura de 1° centigrado entre las dos cabezas puede hacer variar en 2,50 por 100 los momentos de flexion sobre estos apoyos ; en el caso de cuatro ó cinco apoyos estas variaciones no bajan de 2 por 100. Ahora bien, se ha observado que la diferencia de temperatura entre las dos cabezas llegaba

en muchos casos hasta 10°, habiendo alcanzado 19° en el puente Victoria en Montreal (Canadá).

Si á esto se agrega que la solidaridad de los tramos lleva consigo el cambio de direccion de los esfuerzos que pueden desarrollarse en ciertos puntos, se comprende que está suficientemente fundada la opinion de los Ingenieros americanos al preferir los puentes de tramos independientes, que no dan lugar á ningun reparo semejante.

Tampoco tiene fundamento la objecion hecha por los enemigos de estos sistemas de puentes de que no ofrecen buen aspecto arquitectónico, pues es dudoso que la belleza en las obras de hierro pueda consistir en imitar las formas de las edificaciones de fábrica; ántes al contrario, parece que la esbeltez y la ligereza son los caracteres más propios y adecuados de las construcciones metálicas, porque la belleza y elegancia de las obras consiste principalmente en la bien entendida disposicion de sus líneas y dimensiones para utilizar las resistencias de los materiales en ellas empleados.

En suma: la superioridad de los puentes americanos considerados bajo los múltiples aspectos de la economía y de la facilidad y rapidez de su construccion, de su solidez, económica conservacion y agradable aspecto arquitectónico, es hoy un principio reconocido por todos los Ingenieros, y la economía realizada adquiere mayor importancia á medida que aumenta la luz de la construccion.

Sin insistir más en esta cuestion, dirémos para terminar que en los caminos de hierro de los Estados de la Nueva Inglaterra, en los que se empezó empleando los puentes de celosía ordinaria, ha sido abandonado este sistema, adoptando en su lugar las vigas articuladas.

En el Canadá, donde los ferro-carriles están dirigidos por Ingenieros ingleses, la construccion de la mayor parte de los puentes metálicos está encomendada á fábricas de los Estados de la Union Americana.

Y por último, en el Perú se ensayaron en un principio para el camino de hierro de la Cordillera puentes contruidos en Inglaterra y en Francia; pero finalmente se ha dado la preferencia á los sistemas americanos, despues del completo éxito obtenido en el viaducto de Varrugas, que mide una longitud de 175,35 metros, alcanzando una de las pilas una altura de 76,80 metros, y cuyo montaje ha exigido ménos tiempo (tres meses y medio) que el empleado en la ejecucion de un puente de celosía de 50 metros de luz construido por una casa francesa. Un puente

de construccion inglesa, el de Pacasmayo, de 51 metros de luz, con un peso de 127 toneladas, en cuyo montaje se emplearon ocho meses, y que se rompió durante la prueba bajo una carga de 50 toneladas, ha sido reemplazado por un puente del sistema triangular, que pesa solamente 61 toneladas, y que se montó en ocho dias.

(Se continuará.)

CANAL DEL GÉVORA.

PROYECTO DE PRESA DE EMBALSE EN EL SITIO DENOMINADO PEÑA DEL ÁGUILA.

El estrecho del rio Zapaton donde se proyecta la presa se encuentra 18 kilómetros por cima de la confluencia de este rio con el Gévora; dicha estrechura se halla formada por dos cerros conocidos en el país con los nombres de Pamegro y la Peña del Aguila, que pertenecen á la formacion silúrica, como la mayor parte de la cuenca del Guadiana, caracterizada aquélla por la pizarra y los esquistos cuarzosos ó cuarcita que se hallan al descubierto en ellos; y se considera el emplazamiento elegido como el único sitio conveniente para el establecimiento de un pantano en el rio Zapaton, no sólo porque este rio no presenta otro más bajo, sino porque ademas los terrenos de las laderas que han de ser cubiertos por las aguas son incultos, de escaso valor y despoblados; quedando desde dicho punto hasta la falda de la sierra de San Pedro, que forma la divisoria de los rios Tajo y Guadiana, una extensa longitud de cuenca con numerosos afluentes, encontrándose la roca al descubierto, tanto en las laderas como en el fondo, este último recubierto apénas en algunos bajos por una delgada capa de acarreo; cuyas circunstancias dan una gran seguridad de éxito á este embalse, sin necesidad de adoptar en la construccion de la presa disposiciones especiales, limitándose éstas á un buen empotramiento de la obra en el fondo y laderas.

La capacidad del embalse, tenidas en cuenta todas las pérdidas, se fijó en el proyecto general en 15 millones de metros cúbicos, y se ha deducido por detenidos estudios que este volumen se alcanzaba al llegar á la curva de nivel situada á los 15 metros de altura sobre el fondo del rio en el emplazamiento elegido, y la cual, por lo tanto, es la cota de fondo de los aliviaderos de superficie.

Aun cuando el proporcionar á los vertederos laterales las dimensiones necesarias para dar paso al ma-