

Congreso Internacional de Zurich dedicado a la construcción de puentes

En el mes de septiembre de 1926 se celebró en Zurich un Congreso dedicado al estudio de la construcción de puentes especialmente, aunque también al de otras diversas construcciones, en el que presentó Memorias extraordinariamente interesantes, numeroso grupo de ingenieros alemanes y suizos dedicados a esta clase de estudios, especializados en su aplicación a los ferrocarriles.

Este Congreso, cuya celebración pasó inadvertida en España, ha traído como grata consecuencia la publicación, en forma verdaderamente suntuosa y editorialmente considerada con verdadero esplendor, de todas las Memorias y estudios al mismo presentados, habiendo sido objeto tal publicación de una reseña bibliográfica hecha, con su habitual maestría por nuestro compañero Ribera, cuyo estudio apareció en la REVISTA del 15 de diciembre de 1927.

Interesándome en todo momento por estos estudios y habiendo profundizado algún tanto algunas de las Memorias presentadas, me he de permitir a continuación hacer relación somera de las que a mi juicio merecen más atención, señalando al mismo tiempo la mayor parte de ellas para que todos aquellos a los cuales puedan interesar conozcan su existencia y realizar su estudio si les conviniere.

Han acudido presentando Memorias considerable número de ingenieros, todos ellos distinguidos y bien conocidos por cuantos nos ocupamos de asuntos de esta clase.

A continuación indico, como antes apuntaba, las más interesantes:

A. Buhler, ingeniero jefe de la sección de Construcciones de puentes en la Dirección general de los ferrocarriles Suizos ¹, acudió con tres interesantísimos trabajos: el primero, sobre la construcción en general de puentes en los ferrocarriles suizos, entre los años 1901 y 1926; un segundo estudio sobre el impacto en los tramos metálicos, y, por último, otro igualmente interesante sobre investigaciones en general en los puentes de hormigón armado.

Mr. M. Ros ha colaborado también en estos trabajos, acudiendo con diferentes estudios, la mayor parte de ellos dedicados a señalar las diversas observaciones que en las mediciones de esfuerzos ha realizado en diferentes puentes, todos ellos casos interesantes y que deben ser conocidos; otro trabajo del mismo autor corresponde al estudio del puente construido sobre el embalse de Waeggital. Igualmente ha presentado otro estudio sobre los casos probables de las deformaciones experimentadas por las pilas de fábrica en el viaducto de Toggenburg.

Mr. Meyer, ingeniero agregado a la Dirección general de los ferrocarriles Suizos, un estudio sobre la distribución de esfuerzos en las diagonales de los tramos metálicos de celosía múltiple.

Sobre refuerzos de tramos metálicos ha presentado extenso trabajo *Mr. A. Rohm*; acerca de mediciones de esfuerzos en tramos metálicos han presentado trabajos muy completos *F. Hubner* y *P. Stursenegger*.

Sobre puentes de madera, tan generalizados todavía en Suiza, aunque en otras naciones no tan frecuentes, han sometido notas a estudio del Congreso *J. Brunner*, *F. Ackermann* y *H. Studer*.

Sobre puentes de hormigón armado se distinguen los trabajos de *H. Nater*, *I. Stadelmann* y *M. Rutter*, etc.

¹ Véase la REVISTA del 15 de mayo de 1927, en la que publiqué un estudio sobre el Viaducto de Grandfey, obra de este ilustre ingeniero.

De todos estos trabajos, acaso los más interesantes, y por eso acerca de ello me he de extender, son los siguientes:

EFFECTO DE LOS EFECTOS DINÁMICOS (IMPACTO) EN LOS PUENTES PARA FERROCARRILES, por *A. Buhler*.

El autor hace observar, con razón, que este asunto, en realidad, no de gran abolengo, y que ha sido estudiado con tesón en estos últimos tiempos, no está, ni con mucho, resuelto, sino que puede considerarse en período de estudio, y recomienda a cuantos sobre estos asuntos puedan trabajar que realicen numerosas experiencias.

Este asunto, como es natural, a quien interesa principalmente es a los ingenieros encargados del estudio de tramos metálicos para ferrocarriles. Señala las instrucciones vigentes que acerca de este asunto se ocupan, alguna de las cuales (entre ellas la española) prescribe determinadas fórmulas como incremento del trabajo estático, habiendo sido América y los países anglosajones los que primeramente se han ocupado de estos interesantes efectos.

Esta consideración de los efectos dinámicos se ha hecho por los diversos ingenieros que de ellos se han ocupado acudiendo al incremento en las sobrecargas o disminución de los coeficientes de trabajo.

Esta limitación ha sido determinada en la mayor parte de aquellas instrucciones, como consecuencia de los prolongados estudios e investigaciones de Wohler, bien conocidos de todos.

Estas investigaciones han sido completadas por Bauschinger, Baker, Fairbairn y Osborne y, sobre todo en estos últimos años, en los laboratorios de Illinois y el de Investigaciones físicas de Londres.

Todos estos incrementos dinámicos se apoyan sobre la consideración del límite de elasticidad como límite del trabajo del metal, cuyo criterio ha sido calurosamente defendido por Waddell.

Como consecuencia de todo esto, se ha venido a tomar en consideración la absoluta necesidad de calcular o determinar un coeficiente de choque o impacto, haciéndose notar claramente la notable diferencia que existe entre las tensiones estáticas, o con velocidades muy reducidas, y las producidas por las cargas en movimiento a velocidades importantes.

Deben tenerse en cuenta las siguientes circunstancias:

- 1.^a El aumento de carga ocasionado por la flexión y flecha de las vigas principales;
- 2.^a El retraso en transmitirse el efecto de esta sobrecarga en toda la longitud del tramo; esta propagación de deformación suele hacerse en los tramos de acero ordinario con una velocidad de 5 300 m por segundo. Naturalmente que esta consideración está fuera de lugar para las obras pequeñas; pero adquiere importancia para las obras modernas de gran categoría;
- 3.^a El aumento de trabajo producido en los elementos de las estructuras metálicas, debido al estado de conservación de la vía;
- 4.^a Análoga influencia debida al mal estado de conservación de las llantas del material móvil;
- 5.^a Influencia perturbadora producida por el equilibrio horizontal de las fuerzas de inercia de las piezas de las locomotoras, especialmente de vapor con movimientos alternativos, y
- 6.^a Influencia derivada de la constitución orgánica del mismo tramo.

Como conclusiones de este estudio tan interesante,

aprobado en el mencionado Congreso, fueron aprobadas las siguientes conclusiones:

1.^a Para calcular un tramo metálico es preciso tener en cuenta el efecto del impacto.

2.^a Los coeficientes de incremento de sobrecargas dependen al mismo tiempo de la constitución orgánica del tramo y del estado de conservación de la vía, vehículos, etc., siendo, por tanto, más elevados estos coeficientes para las obras antiguas que para las nuevas.

3.^a En general, la extensión de este coeficiente no ha de tener en cuenta la velocidad, alcanzando su máximo valor a la velocidad del sincronismo entre las vibraciones del puente y la rotación de las ruedas. Para las grandes obras, esta velocidad puede ser alcanzada; para las pequeñas, hasta de 17 a 20 m, como límite esta velocidad, en general, no se alcanza.

4.^a Las fórmulas aproximadas contienen como uno de sus elementos la longitud del tramo; una mejor aproximación sería alcanzada introduciendo en lugar de aquellas variables la longitud sobrecargada del mismo, en especial en las barras sometidas a esfuerzos alternativos.

5.^a En los casos ordinarios de la práctica se recomienda la fórmula de Pencoyd ¹.

6.^a Puede disminuirse este coeficiente de incremento usando carriles de gran longitud con juntas soldadas, siendo conveniente, si bien por otras razones su empleo no debe adoptarse, la colocación de la vía en tramos metálicos sobre una capa de balasto.

Son bien interesantes, como se ve, todas las conclusiones adoptadas y el estudio presentado.

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA REPARTICIÓN DE LAS TENSIONES EN LAS DIAGONALES DE LAS VIGAS DE CELOSÍA MÚLTIPLE, por A. Meyer.

En este estudio el autor expone los resultados de diversas mediciones realizadas sobre diagonales, para darse cuenta de la repartición de tensiones en las diferentes barras en una sección transversal y a lo largo de una sola barra. Las conclusiones deducidas son las siguientes:

1.^a Los trabajos medidos concuerdan tanto más con los calculados cuanto la celosía es más elemental, siendo los esfuerzos secundarios insignificantes en las vigas principales de esta clase.

2.^a Aunque repartiéndose de un modo irregular las tensiones en las vigas de celosía múltiple, no lo hacen de un modo tan exagerado como corrientemente se cree.

3.^a En las celosías antiguas el esfuerzo cortante se reparte entre las diversas barras correspondientes a la sección transversal; consideradas proporcionalmente a sus secciones, no corresponde la repartición proporcional al número de barras con los resultados de las experiencias directas.

ESTUDIO DE LOS ESFUERZOS SECUNDARIOS EN LAS VIGAS DE CELOSÍA, por M. Ros.

El trabajo de este distinguido profesor se ha realizado bajo la protección y auxilio de la Comisión técnica de la Unión de Constructores Suizos de tramos metálicos.

Después de hacer larga y detallada historia de las diversas obras de tramos metálicos en las cuales se presentaron estos esfuerzos secundarios, señala la lista de los ingenieros que de este tan interesante aspecto del cálculo de tramos metálicos se han ocupado, y cita, entre otros, *Mandela Engesser, Asumont, Winkler, Repper, Muller Breslau, Lambsberg, Mohr, J. Aggger, Geehle Hartmann, Catton, Gorinon, Waddell*, etc.

Recoge las múltiples fórmulas recomendadas por unos y por otros, y se detiene, como se merece, en el

¹ Como ya indiqué en el estudio que publiqué en esta misma REVISTA, en 1.º de junio de 1923, estimé esta fórmula como deficientes y dando resultados demasiado bajos.

estudio de Lindenthal, autor del proyecto de puente de Hall Gate, en Nueva York.

Cita los casos principales que motivan la existencia de esfuerzos secundarios, y entre ellos indica:

1.^o Esfuerzos secundarios en el caso de uniones centradas en barras con momentos de inercia constantes.

2.^o Influencia del descentrado de las barras.

3.^o Influencia de una carga aislada sobre una barra.

4.^o Influencia del momento de inercia variable.

5.^o Influencia del descentrado de la fibra neutra de una barra, como consecuencia de la unión de otra barra, etc.

6.^o Influencia de la curvatura producida por los momentos secundarios.

7.^o Influencia debida al refuerzo de las barras en las uniones con pasadores.

8.^o Influencia de la deformación de estos pasadores en su unión con el extremo de la barra.

Como consecuencia de todos aquéllos, las conclusiones más importantes adoptadas son las siguientes:

1.^a Las medidas de las deformaciones locales de las barras en los nudos dan resultados más exactos que las medidas angulares de deformación.

2.^a Los esfuerzos secundarios medidos coinciden bastante exactamente con los calculados.

3.^a Los trabajos totales medidos señalan la existencia de esfuerzos secundarios en los dos sentidos normales de la flexión.

4.^a Cuanto más complejo es el sistema de celosía de una viga, mayores son las anomalías en el trazado de las barras y en la transmisión de los esfuerzos, y, como consecuencia, mayores también las diferencias comprobadas entre los valores calculados y medidos.

5.^a La hipótesis de la indeformabilidad completa de los pasadores, así como la del empotramiento perfecto de las barras, son deficientes.

6.^a La influencia de la deformación de los pasadores es difícil de establecer exactamente.

7.^a En el caso en que el límite de elasticidad se sobrepase en las fibras extremas en la unión de una barra, los esfuerzos cortantes disminuyen rápidamente, sin que tengan gran influencia en la conservación de la obra, resultando igualmente que la longitud de reducción teórica al pandeo no está justificada; solamente lo estará en el caso en que los momentos secundarios, en sentido contrario en los extremos de la misma, tendiesen a flectar para el paso en forma de S.

8.^a La influencia de la rigidez de las cabezas de una viga es muy apreciable, no solamente por disminuir la deformación general, sino por reducir los esfuerzos secundarios.

RECONSTRUCCIÓN DEL VIADUCTO DE "DAY", SOBRE EL RIO "ORBE", EN LA LÍNEA DE LAUSANNE A VALLORBE, por "Frolich".

Esta importantísima obra estaba constituida por tres tramos metálicos de 48 m de luz el central, y dos laterales de 38 y 24 m, respectivamente, de celosía múltiple y barras planas, sobre elevadísimas pilas de fábrica.

El estado de debilidad de dicha estructura metálica aconsejó su mejora y después de amplio estudio se decidió adoptar la solución de sustituir los tramos metálicos por obra de fábrica proyectada por el eminente ingeniero antes anotado.

Proyectó tres arcos; el central peraltado, de 44 m de luz con tímpanos aligerados y dos laterales, rebajados carpaneles de 36 y 20 m de luz, respectivamente.

Se considera como tipo y modelo la cimbra que de madera y recogida se empleó para la construcción del arco central; en la obra, en su conjunto, se emplearon 17 000 m³ de hormigón y ocasionó un gasto de 917 500 francos suizos.

CAMPAÑA DE MEJORA DE TRAMOS METÁLICOS REALIZADA EN SUIZA ENTRE LOS AÑOS 1901 Y 1926, por *Bulher*.

Este ilustre ingeniero ha sido el encargado de dirigir todas las importantísimas campañas que en Suiza se han realizado, motivadas por las mismas causas que han exigido análogos trabajos en casi todos los países del mundo, o sea el importantísimo incremento de las sobrecargas, y debilidad, por tanto, de las estructuras existentes.

En Suiza esta campaña ha seguido fases muy parecidas a las que en España se han llevado a efecto, dividida aquélla en tres períodos, comprendidos entre los años 1901 a 1914, 1914 a 1918 y 1918 a 1926.

En aquel primer período, análogamente a lo realizado en España entre los años 1902 a 1910, el criterio determinante de todos los ingenieros que de este importante asunto se han ocupado fué el de reforzar las estructuras existentes, habiéndoles guiado a tal determinación no sólo el que por ser todavía en aquella fecha las sobrecargas relativamente no mucho mayores que las que sirvieron de base a los proyectos primitivos, con un relativo ligero refuerzo podía pasar, teniendo, además, en cuenta que el material, en aquel entonces, de los puentes primitivos se encontraba en buen estado de conservación y se mantenía todavía su estructura fibrosa.

En los refuerzos realizados en Suiza abundaron de un modo extraordinario los alcanzados mediante atirantados superiores o inferiores de las vigas principales, sin llegar al refuerzo individual de las diversas piezas constituyentes de las mismas.

Se comenzaron en el mismo período a construir, en sustitución de tramos de luces reducidas, algunas obras de fábrica y de hormigón armado.

En el segundo período, antes anotado, que corresponde al que en España ha transcurrido entre los años 1910 y 1921, el criterio que encaminó los trabajos de los ingenieros encargados de la mejora de tramos metálicos fué el de sustitución radical de los tramos antiguos por otros nuevos, calculados con arreglo a normas modernas, abandonándose por completo el sistema de refuerzos.

Se prosiguió en este segundo período la construcción de algunas obras de escasa importancia, de fábrica y de hormigón armado.

En tercer período, que en España se inició en 1922, extendió considerablemente el criterio de construir obras de hormigón en masa, llegando a luces muy importantes, no generalizándose para obras de categoría el hormigón armado, para cuyo empleo todavía se despiertan suspicacias, cuando se trata de obras para el asiento de vías de ferrocarriles.

Es interesantísimo la revisión de los múltiples casos, numerosísimos ejemplos y abundantes fotografías que en el estudio de *Bulher* se publican, con lo que precisamente se demuestra el trabajo desarrollado por este ilustre ingeniero.

Como antes ya se ha indicado, varios de los estudios presentados al Congreso que comentamos se refieren a tramos de madera, acerca de los cuales no nos ocuparemos, puesto que, en realidad, en España poca o ninguna aplicación han de tener obras de esta clase.

D. MENDIZÁBAL
Profesor de la Escuela de C., C. y P.

Bibliografía

Saneamiento de poblaciones.—Urbanización, Depuración de aguas de abastecimientos, Depuración de aguas residuales, Recogida y tratamiento de basuras, por D. JOSÉ PAZ MAROTO, ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, ingeniero-jefe técnico de los Servicios municipales de Moncada (Barcelona).—Un vol. de 18 x 24,5 cm; con 216 páginas. Un vol. Atlas, con 30 láminas. Artes Gráficas R. Molero. Sicilia, 92. Barcelona, 1927.

El interesante libro cuyo título encabeza estas líneas es, en su mayor parte, el resumen de los datos recogidos y de las observaciones hechas durante un viaje de estudio hecho por el autor, al terminar su carrera, en disfrute de una pensión post escolar, otorgada a propuesta de la Escuela de Caminos, para el desarrollo del tema de referencia.

La Memoria presentada en su día en cumplimiento de dicha misión es la que sirve de base al trabajo, que tiene por principal objeto, según declara el autor en el prólogo, «vulgarizar estos importantes conocimientos, a fin de que puedan servir de guía y orientación, no sólo a los ingenieros de todas clases y arquitectos, especialmente municipales, sino también para los inspectores municipales y provinciales de Sanidad y, en general, para todos los miembros del Municipio que traten de ir resolviendo los problemas sanitarios con que hoy día se encuentran todas las poblaciones españolas.

Consecuente con este objetivo, evita en lo posible complicados tecnicismos, para hacer asequible la obra a cualquier lector que se interese por estos importantes problemas, sin descuidar por ello la descripción exacta y el dato preciso, indispensables una y otro para la finalidad práctica perseguida.

Consta de dos tomos: uno de texto, con 216 páginas, y un atlas, que contiene 30 láminas con 88 figuras, que vienen a ilustrar la doctrina expuesta en el primero.

Las materias que éste abarca se encuentran distribuidas en cuatro partes: Dedicase la primera a los problemas de urbanización, estudiando las condiciones fundamentales a que deberán satisfacer las ciudades desde el punto de vista de su trazado y distribución y del no menos importante

del saneamiento del suelo, deteniéndose en el estudio de la *ciudad jardín*, como tipo de población futura, de las que da como ejemplo las construídas por la Compañía de ferrocarriles del Norte de Francia.

Termina esta parte encareciendo la necesidad e importancia de un buen abastecimiento de aguas potables, que no siempre es posible obtener en buenas condiciones económicas con todos los caracteres físicos, químicos y biológicos requeridos por la Higiene moderna; sirviendo esto de introducción a la segunda parte, en la que se detallan los medios de corregir los defectos del agua, deteniéndose especialmente en el estudio de los filtros, en los procesos de ozonización, en la aplicación de los rayos ultravioleta y en los procedimientos químicos de depuración biológica.

En la parte tercera ocupase el autor de la depuración de aguas residuales, empezando por indicar la utilidad y necesidad de esta depuración, prescrita ya por las legislaciones de diversos países, incluso el nuestro, y discutiendo el grado de depuración final a que debe aspirarse. Entrando en seguida en el estudio del asunto, y después de describir la fase preliminar de todo tratamiento, pasa a explicar los procedimientos actuales de tratamiento de las aguas de alcantarilla, ya puramente mecánicos, como la decantación y el tamizado, ya químicos o biológicos, entre los que se incluyen la filtración por riego con o sin aprovechamiento agrícola.

Por último, en la cuarta parte se estudia el problema de la recogida y tratamiento de las basuras, con frecuencia descuidado, a pesar de su importancia y dificultad.

Esta rápida enumeración de temas da idea de la importancia y utilidad de la obra, en la que el autor ha logrado el fin que se proponía y demostrado su conocimiento profundo de la materia que trata.

El aplauso debe hacerse extensivo a la Escuela de Caminos, bajo cuyos auspicios se realizó el viaje de estudios a que aludíamos al principio, y que no hubiera sido seguramente tan fructuoso sin la amplia preparación que el autor recibiera en sus aulas.