

CRÓNICA

Puente de mampostería de 90 m. de luz en Plauen (Alemania).—Hasta no hace muchos años, Alemania no contaba entre las obras de arte de sus vías de comunicación sino excepcionalmente con algun puente de albañilería; pero a partir de 1882 con la construcción del puente de Nagold; o con mas exactitud, a partir de 1885, con la construcción de los puentes con juntas reducidas de plomo ejecutados por M. Leibrand, aquel país ha realizado verdaderos progresos en esta materia i hoy nos presenta, ya entregado al servicio, i con el nombre de *Federico Augusto*, el puente de mampostería de mayor luz que se haya construido hasta la fecha. El está situado sobre el Syra, en la villa de Plauen (Saxe.)

Le Génie Civil (4 de Noviembre de 1905) lo describe con algunos detalles, acompañados de dibujos e ilustraciones que dan completa idea de esta importante obra, en la cual no se ha empleado un artificio de construcción como el usado en los puentes de Luxembourg i Toulouse i otros, ni se ha recurrido al empleo de rótulas ya consagrado por la experiencia para arcos de luz relativamente grandes, ni tampoco al uso del hormigon armado.

El puente *Federico Augusto* se compone de una bóveda principal en arco carpanel de tres centros, rebajado a un quinto, con tímpanos aligerados con galerías longitudinales en los alrededores de la clave i con galerías transversales en los riñones. Un pequeño arco lateral da paso a un camino que comunica el valle con la parte alta de la ciudad.

El ancho del puente propiamente dicho es de 16 m.; el de la vía de 17 m. merced a las aceras que sobresalen en voladizo; 11 m. están destinados a la calzada i 3 m. a cada una de las dos aceras. La calzada presenta una lijera pendiente en los dos sentidos, a partir de la clave de la bóveda principal. El cemento, empleado en proporción de 1:3 para el mortero de la bóveda principal i de 1:4 en las demas partes de la obra, ha dado una resistencia media de 40 kg./cm.² a la tracción i de 400 kg./cm.² a la compresión. Cada metro cúbico de mampostería contiene cerca de un 45% de mortero.

La piedra empleada, de color gris azulado, proviene de las canteras de Theuma i de Tippersdorf, a algunas leguas de Plauen. Esta piedra, de una resistencia que alcanza a unos 1,600 kg./cm.² ha sido trabajada con bastante facilidad. La presión máxima en las juntas de rotura no pasa de 70 kg./cm.² i la mampostería soporta presiones que pasan de 400 kg./cm.²

Los tímpanos son de bolones devastados con juntas regulares; pero con el fin de obtener un aspecto mas decorativo, se ha figurado dovelas en los diferentes arcos por medio de un enlucido especial que imita la piedra granítica. Este enlucido se ha colocado con todas las precauciones necesarias para asegurar una adherencia perfecta con el cuerpo de la bóveda.

Las sobrecargas de cálculo fueron 575 kg./cm.²; filas de vehículos cargados con 15 toneladas por eje i tres rodillos a vapor de 23 toneladas.

La bóveda tiene un espesor de 4 m. en los arranques i de 1,50 m. en la clave. El radio central del intrados es de 1,05 m.

En la parte media de la bóveda, en una estension de 65 m., los tímpanos quedan huecos i son ocupados sólo por los piés derechos de seis bovedillas longitudinales de alijeramiento cargadas con un relleno de tierras de 1 m. sobre el cual está construida la calzada. Esas bovedillas tienen 1,50 m. de luz i los piés derechos un espesor de 0,40 m. Cerca de los arranques están establecidas bovedillas transversales de una seccion especial determinada por la reparticion de las presiones. Sobre el nivel de éstas i sobre toda la longitud del puente los tímpanos llevan arcadas de 1 m. de profundidad máxima que dan a la obra un aspecto mas ligero.

Los trabajos empezaron en Agosto de 1903. El descimbramiento de la bóveda, ejecutado con toda suerte de precauciones ha durado de Julio a Setiembre de 1904; los trabajos de terminacion de la obra han durado hasta mediados de 1905, i el puente ha sido entregado al tráfico a fines de Agosto del último año.

La albañilería de las bóvedas representa unos 4.850 m.³ i la de los muros unos 450 m.³

El costo ha sido de 735.000 francos, de los cuales 26.000 corresponden a adquisicion de terrenos. Como el largo total es de unos 137 m., el precio del metro cuadrado jeneral de puente alcanza a:

$$\frac{735.000 - 26.000}{137 \times 17} = 304,42 \text{ francos}$$

F. MARDONES,
ingeniero.

Accidente ocurrido en un puente de fábrica sobre el rio Alento (Italia).

— *Los Annales des Travaux Publics*, (Octubre de 1905) dan los detalles de un singular accidente ocurrido hace poco en un puente de piedra, construido sobre el rio Alento, en la carretera de Bucchiamico a Chieti, en Italia.

Se construyó este puente en 1896 i es de un solo arco, de 18 m. de luz i 450 m. de flecha. La bóveda es de ladrillo, con un espesor en la clave de 0,95 m. i 1,40 m. en los

arranques. Los estribos son de sillería, de una longitud de 4,44 m. i sus cimientos descienden hasta una profundidad de 4,25 m. La obra se enlaza al terreno natural por muros de vuelta de 13,25 m. de longitud.

Dos años escasos después de la construcción de la obra, se observó en la clave una elevación muy sensible, que fué acentuándose cada vez más, concluyendo por abrirse dos grietas en el intrados, a uno i otro lado de la clave, i no lejos del medio de cada semibóveda. Estas grietas, cuya dirección era la de las generatrices del intrados, presentaban en el mes de Febrero de 1903 una anchura de 5 cm. Los ladrillos del intrados, en las proximidades de la clave, no tardaron, por razón de la presión excesiva a que estaban sometidos, en destruirse, en una banda de 40 cm. de ancho, produciéndose a la vez en la parte superior del trasdoso una grieta 5 cm. de anchura.

Los pretilos tomaron hacia la mitad del puente i en un plano vertical la forma de un arco, i la luz del puente que primitivamente era de 18 m. se redujo a 17,74 m. en el frente de aguas arriba i 17,77 m. en el de aguas abajo.

El estribo de la margen izquierda sufrió una rotación, deslizando hacia el río e introduciéndose en el terreno 0,075 m. por el lado de aguas arriba i 0,09 m. por el de aguas abajo; i algo por el estribo, aunque no de un modo tan sensible, se observó también en el estribo de la margen derecha.

La causa de todos los fenómenos observados reside en la naturaleza del terreno en el sitio de implantación del puente. El valle en este sitio presenta una pendiente bastante rápida en la orilla derecha, i ménos pronunciada en la orilla izquierda, en donde el terreno está constituido por una serie de capas alternadas de arcilla i arena. En tales condiciones, las aguas al penetrar al través de las capas de arena, crean en la parte superior de los bancos de arcilla superficies de deslizamiento que determinan fácilmente arrastres según la línea de máxima pendiente.

El estribo de la margen derecha que se apoya sobre la pared de inclinación relativamente rápida del valle, opone una resistencia grande a los esfuerzos que vienen de la otra margen, los cuales no tienen acción eficaz más que sobre el estribo de esta margen, i de aquí la deformación del puente, la elevación de la clave, las grietas en la bóveda, el deslizamiento del estribo izquierdo hacia el derecho, i la disminución, finalmente, de la luz de la bóveda. Además, como la resultante de las presiones que actúan en el sentido de las superficies de deslizamiento, es oblicua al eje del puente, se explica perfectamente las deformaciones más pronunciadas en el lado de aguas arriba i la rotación del estribo izquierdo.

Es de notar, como dato importante, que un puente de fábrica de tres arcos de 6 metros de luz fué construido en el mismo sitio en 1850, i fué cerrado a la circulación a causa de las grietas i deformaciones que se observaron. A este puente siguió otro de madera, que hubo de sufrir bastante a consecuencia de los corrimientos del terreno, siendo finalmente reemplazado por el que se acaba de describir.

Las causas de destrucción de los tres puentes están perfectamente definidas, se trata ahora de encontrar los medios de evitarlas. Veamos cómo:

Tres soluciones se han presentado: a) aislar completamente el puente del macizo de tierras sometidas a deslizamiento; b) reemplazar el puente de fábrica por una construcción

metálica; c) escojer como perfil de intrados de la bóveda una elipse completamente cerrada.

Despues de numerosos estudios, las dos primeras soluciones han sido desechadas. Segun la solucion α , la presion de las tierras sobre los estribos hubiérase podido anular intercalando cuerpos elásticos; pero era difícil suprimir completamente los corrimientos que pudieran producirse en la base del cimiento.

La solucion b , es decir, la sustitucion del puente de fábrica por un metálico que no hubiera ejercido sobre los estribos mas que presiones verticales, presentaba la ventaja de poder establecer los estribos de manera que un movimiento de éstos no tuviera influencia sobre la parte metálica; pero esta solucion no podia considerarse como tal mas que durante algunos años, visto el rápido progreso del deslizamiento de las tierras, que sólo en estos dos últimos años ha alcanzado la cifra de 24 cm. Además, los estribos hubieran siempre estado espuestos a ser volcados por consecuencia de la falta de uniformidad en el corrimiento de las tierras.

La solucion mas racional parece, por tanto, ser la solucion c), es decir, la construcción de un intrados de forma ovoide cerrada, i esta es en la adoptada por los ingenieros italianos. Habiendo sido reconocida la estabilidad casi completa del estribo derecho, el perfil en ovoide cerrado presenta la ventaja de ofrecer una gran resistencia a todo movimiento del estribo izquierdo. A fin de aumentar aun mas la estabilidad del estribo de la margen izquierda, se enlazarán los piés de los dos estribos por un macizo de mampostería establecido en el lecho del rio por debajo de la parte cóncava de la bóveda.

Por último, los trabajos de consolidacion podrán ser ejecutados sin necesidad de demoler el puente. Se construirá desde luego el macizo de mampostería intercalado entre los piés de los estribos, despues la parte cóncava i, finalmente, la parte convexa de la nueva bóveda.

F. MARDÓNES,
ingeniero.

Condiciones de la arena para los morteros (R. O. P).—El ingeniero americano Mr. S. C. Hain se ha dedicado durante varios años a una laboriosa serie de esperiencias sobre las cualidades que debe reunir la arena empleada en los morteros i hormigones, i los resultados de sus concienzudos trabajos son mui dignos de tenerse en cuenta, porque contra las afirmaciones hasta aquí admitidas como dogmáticas parecen probar: que se puede obtener un excelente mortero con arena mui fina; que la presencia de la arcilla en ella no constituye un defecto i que, por el contrario, favorece sus condiciones, cuando ménos, en cierta proporcion.

El ingeniero citado, afecto al servicio de la Compañía de los ferrocarriles de Chicago, Milwaukee i San Pablo recibió el encargo de hacer los mencionados ensayos por la necesidad en que se encontró la empresa de consumir una gran cantidad de arena en varias obras que proyectaba de hormigon, i aun cuando en la inmensa red de 8.000 kiló-

metros que posee aquella Sociedad, no faltaban rejones susceptibles de proporcionar la arena clásica de grano grueso, de aristas vivas i desprovista de toda arcilla, se trató de resolver el problema con toda jeneralidad, determinando la mejor arena aplicable a cada obra dentro del radio de la misma que no hiciese su transporte anti-económico. Con este programa se han ensayado multitud de arenas formando morteros en la proporción de tres partes de aquélla por una de cemento i sometiendo tres muestras de cada tipo a ensayos por tracción, cuya media se adoptaba como cifra de esfuerzo. Las principales experiencias, según las describe *La Revue Mineralurgique* fueron las siguientes:

Se empleó primeramente una arena fina que dejaba pasar un 92 i un 28% a través de los cedazos reglamentarios en que la arena normal no debía permitir el paso, sino de un 54 i un 11% respectivamente. Las probetas hechas con esta arena ofrecieron el 75% de la resistencia de las compuestas con arena normal, i un 70% de las formadas con la arena tipo de la Sociedad de los Ingenieros Civiles Americanos, por lo cual dicha arena se usó para construir con éxito completo pilas de puentes de grandes dimensiones.

Otra de las arenas sometidas a la experiencia dió origen a observaciones aun mas interesantes. Esta contenía tan gran cantidad de materia arcillosa que parecía como una verdadera pasta, una vez humedecida, dejando al cojerla una capa de arcilla en la mano. Se observó con gran sorpresa que las probetas hechas con tal arena, al cabo de siete i de veintiocho días, dieron una resistencia superior en el 30 al 40% sobre las hechas con arena normal. La superioridad comprobada iba atenuándose con el trascurso del tiempo, pero a los tres años aun era de un 20%. Por decantación se había visto que esta arena contenía un 7% de materia arcillosa, i sometiendo a prueba otra en que esta proporción era algo menor i no pasaba del 5%, su superioridad respecto a la resistencia de la arena normal no era mas que de un 25%; finalmente, separando la arcilla por el lavado el mortero fabricado con arena pura presentaba una inferioridad de resistencia bajo la arena normal, de un 30%.

Estudióse tambien otra arena arcillosa cuyos granos eran tan menudos que apenas impresionaban el tacto i en que la proporción de materia arcillosa alcanzaba al 12%, i los granos de arena no se distinguían en la masa total con una lente ordinaria. Las probetas preparadas con esta arena ofrecían por término medio en los ensayos hechos después de siete i de veintiocho días un 35% de la resistencia de los morteros hechos con la arena normal; pero su resistencia iba aumentando con el tiempo hasta el punto de que, a los seis meses, la media llegaba al 77% del tipo de las hechas con la arena usualmente empleada por la Compañía i al cabo de un año era idéntica a la de las probetas de la arena recomendada por la Sociedad de Ingenieros.

Tambien fué objeto de exámen en las experiencias que relatamos, la influencia que puede tener en el mortero la presencia de la tierra vegetal, i aunque los resultados no han sido mui concluyentes, permiten afirmar que, por lo ménos en pequeñas proporciones, no rebajan la calidad del mortero.

Como consecuencia de sus laudables investigaciones, Mr. Hain opina que la arcilla en proporción que no exceda del 12%, es ventajosa cuando se haya distribuida en toda la masa del mortero; que con frecuencia la arena no lavada puede ser preferible a la pura; que una arena mui fina puede resultar excelente, si contiene muchas partículas

menudas que ocupen los intersticios de los elementos gruesos, i una arena gruesa podrá ser mala si los contiene en exceso.

En resúmen; parece poder afirmarse que la resistencia de los morteros hechos con distintas arenas depende, en primer término, de la conveniente distribucion entre las partículas gruesas i menudas, es decir, en una especie de armonía que debe reinar entre ámbas i cuyas cifras respectivas constituyen en cada caso particular el problema que ha de resolverse.

Parece tambien probable que las observaciones i resultados hubieran sido análogos si se hubiesen sometido a la esperiencia probetas ejecutadas con una mezcla mas pobre que la empleada, i de todas suertes los ensayos de Mr. Hain son de la mayor atencion i de desear es que sigan sus huellas los constructores, para los que tan innegable importancia tienen estas conclusiones.

F. M.



BIBLIOGRAFÍA

Recueil de Types de Ponts pour Routes par Maurice Kochlin.—Librairie Polytechnique de Ch. Béranger, 15, rue des Saint-Peres, Paris.

El Instituto ha recibido recientemente esta importante obra que forma parte de la conocida *Enciclopedia des Travaux Publics* de M. Lechalas. Está destinada a facilitar los cálculos de los proyectos de puentes metálicos para vias carreteras. Consta de un volúmen en 8.º de 300 pájinas i de un atlas con ocho grandes planchas.

En los tres primeros capítulos se encuentra una serie de cuadros con sus instrucciones correspondientes, i que contienen las secciones, pesos por metro, momentos de inercia, etc., de almas, escuadras i platabandas para el cálculo de las vigas compuestas; i otras indicaciones mui útiles para el cálculo de construcciones metálicas en jeneral.

Los capítulos siguientes contienen la esposicion completa de los cálculos justificativos, i cubicaciones de tipos de puentes carreteros, simple via de 4, 10, 20 i 30 m. de luz; i doble via de 4, 8, 15 i 25 m. de luz.

El atlas contiene los depurados i planos detallados correspondientes a los mismos tipos de puentes.

