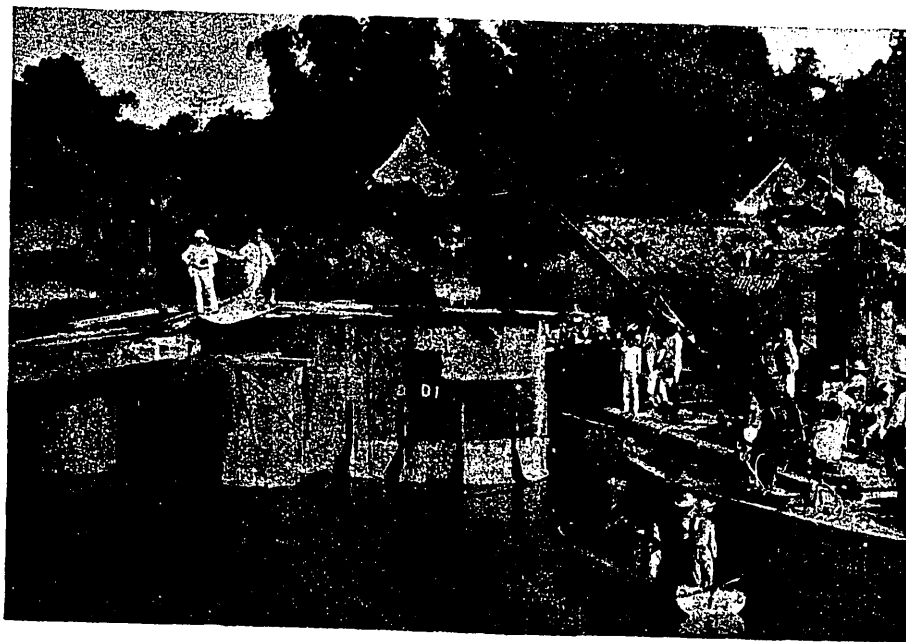
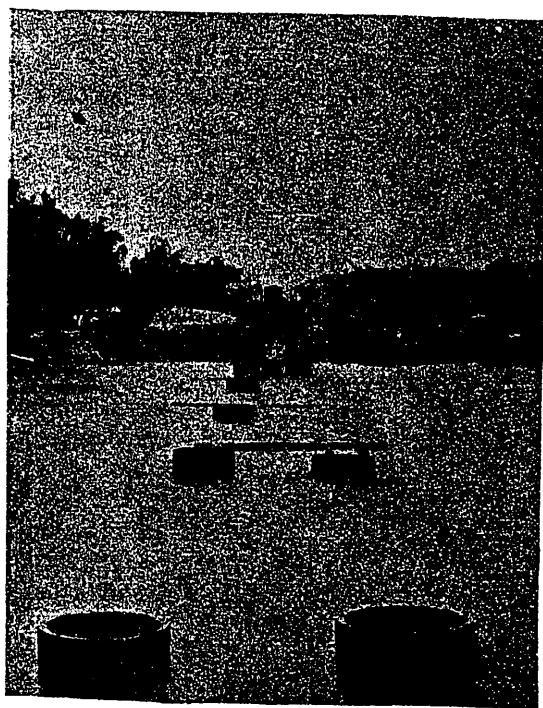
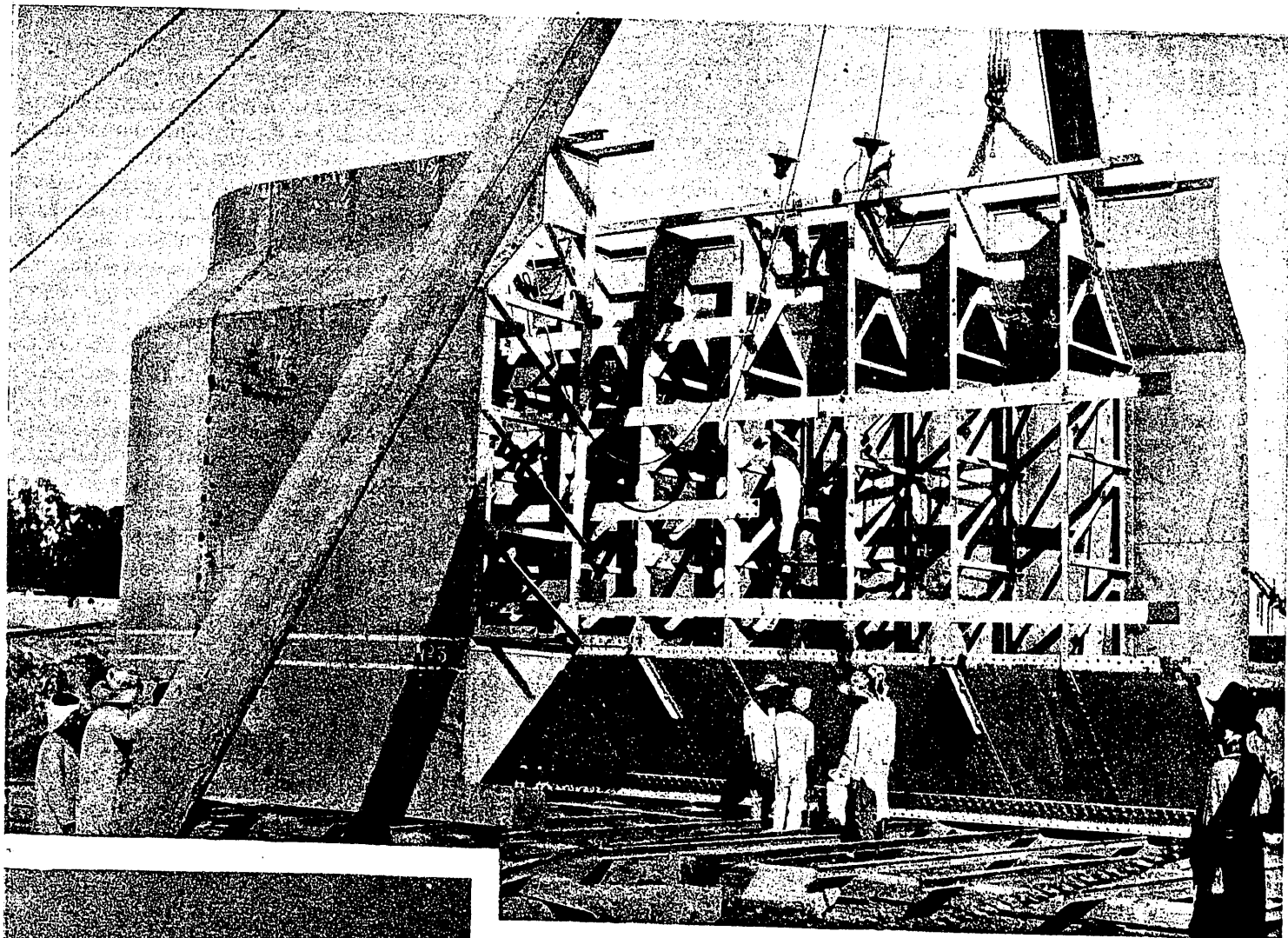




Puente sobre el río Grande en la Pampanga (Filipinas).—(Véase pág. 54).

FERROCARRIL DE MANILA A DAGUPAN

PUENTE SOBRE EL RÍO GRANDE DE LA PAMPANGA

La Compañía concesionaria del ferrocarril de Manila á Dagupan, presentó en Junio del 87 un proyecto de puente para el paso del Río Grande de la Pampanga, que fué aprobado en fecha 29 de Julio del mismo año. Consistía la obra proyectada en siete tramos de 20 metros de luz, del tipo adoptado en todos los demás puentes de esta línea apoyados en pilas, compuestas de dos cilindros de hierro fundido con relleno de hormigón y estribos de fábrica.

Comenzada esta obra á poco de su aprobación, se llegaron á hincar por completo nueve de los doce cilindros que componían las pilas, introduciéndolos á distintas profundidades y sometiéndolos á las pruebas dictadas por la Inspección de las obras, que consistían en hacerles soportar durante veinticuatro horas un peso adicional de 50 toneladas, el cual debían resistir los cilindros sin acusar el menor descenso, antes de proceder á su relleno de hormigón.

Los otros tres cilindros estaban sólo parcialmente hincados sin haberlos probado. Con la prueba á que se sometían los cilindros, el terreno sobre que se apoyaban venía á estar sometido á una presión de 177 kilogramos por centímetro cuadrado, no teniendo en cuenta el rozamiento de la superficie exterior de los cilindros con el terreno que atravesaban.

Encontrábanse las obras en estas circunstancias, cuando el día 25 de Octubre de 1890 sufrió el río una avenida, que no pasó de los límites conocidos en otras ocasiones, puesto que la altura de las aguas llegó precisamente á la cota que para inundaciones señalaba el proyecto del puente, es decir, á 70 centímetros por debajo de la cara inferior de las vigas y, sin embargo de estar prevista en el proyecto esa altura y la consiguiente velocidad, las aguas originaron socavaciones de tal importancia, removiendo algunos de los cilindros ya hincados y aun derribando otro, que desde luego se pudo apreciar la poca seguridad que ofrecía la obra en curso de ejecución y la necesidad de proyectar otra con bases más adecuadas á las necesidades de aquella corriente.

Examinados en detalle los efectos de la avenida sobre los cilindros ya hincados, se vió que, á excepci6n de los cilindros que componían la segunda pila, contando á partir de la margen izquierda y el de aguas abajo de la pila sexta, todos los demás quedaron removidos y ladeados después de la avenida, habiéndose caído el cilindro de aguas abajo de la pila tercera, siendo de notar la desviación axial de los cilindros de la pila primera que, hincados á profundidades de 13 y 12,10 metros debajo del lecho del río, llegó aquélla á 45 y 85 centímetros respectivamente medidos en el plano superior de sus cabezas; también fué importantísima la desviación sufrida por el cilindro de aguas abajo de la pila quinta, el cual se hallaba introducido 17,20 metros en el terreno, y á pesar de esta hincada se desvió el eje unos 85 centímetros.

Las socavaciones fueron de mucha importancia, produciéndose con más efecto, como es consiguiente, alrededor de las pilas. Las más profundas se notaron en las pilas centrales tercera y cuarta, llegando á 3,50 y 3,90 metros; pero en la pila quinta antes citada sólo midió 1,50 metros y en la primera apenas 0,40 metros.

No hay dato alguno relativo á la velocidad de las aguas de este río; pero el Ingeniero del Gobierno Inspector de las obras apreciaba, aunque sin fundarlo en observación alguna directa, que en las grandes avenidas no bajaría de 4 á 5 millas por hora la velocidad superficial de la corriente y de 1,20 á 2 millas en el fondo, suponiendo que esta última velocidad sea los $\frac{1}{3}$ de la primera. La proporción del área del canal ocupada por las pilas era en el proyecto primitivo algo menos de $\frac{1}{10}$ y esta obstrucción hacía aumentar la velocidad del fondo hasta

2,7 á 3,2 millas por hora, ó sea de 1,20 á 1,45 metros por segundo, calculándola por las fórmulas más aceptadas.

De los sondeos que se llevaron á cabo (no muy numerosos) antes de empezar la hincada de los tubos y del comportamiento de los cilindros á la acción de la avenida, podía deducirse que el lecho del río está compuesto de una capa superficial de arena dura de 2 á 3,50 metros de profundidad, debajo de la cual se presentan bancos de arenas arcillosas con conchas en espesores variables de 6 á 9 metros. Estos bancos descansan á su vez en otros en que van dominando las arcillas oscuras con poca arena. Las arcillas son las conocidas en el país con el nombre vulgar de *lodo malaquit*, y van siempre mezcladas con arenas muy finas volcánicas, por lo que no adquieren la compacidad y resistencia de las arcillas puras. Con la velocidad que debieron adquirir las aguas en el sitio de la obra arrastraron fácilmente las arenas y fango del fondo del río, produciéndose las socavaciones necesarias para compensar la obstrucción creada por las pilas. La remoción de éstas indicaba claramente la poca compacidad de las arcillas más profundas, porque obsérvese que precisamente los cilindros que estaban hincados más hondos fueron los más movidos.

Los cilindros que no se apoyaban en la arcilla, ó no se movieron, ó se movieron difícilmente; así se explica no haberse movido los estribos de la segunda pila, porque éstos no habían llegado todavía á la arcilla, sino que descansaban en las arenas conchíferas superiores á aquélla. En la pila sexta el cilindro de aguas abajo con 11,50 metros de hincada no se mueve y el de aguas arriba que llegaba á 14,10 metros de profundidad padeció ya alguna desviación. En la pila quinta el cilindro de aguas arriba hincado á 10,60 metros de profundidad se mueve menos que su compañero, que llegó á 17,20 metros. Los cilindros de las pilas centrales eran los menos hincados y fué al mismo tiempo en ese sitio donde se produjeron las grandes socavaciones de 3,50 á 4,00 metros, de modo que quedaron casi descalzadas y por eso se movieron y cayó uno de ellos. Resultaba, pues, probado que cuanto más profundos, menos estabilidad demostraron los cilindros de las pilas, á causa, como ya se ha dicho, de la poca resistencia y compacidad de las arcillas inferiores, que más que este nombre, que es el que le daban los Ingenieros de la Empresa, les cuadra el que vulgarmente tienen, que es el de lodo ó fango Malaquit.

Sentadas estas bases que sirvieron de norma para la redacción del nuevo proyecto, pasemos á describir las obras ejecutadas con arreglo á éste, del cual previamente diremos que habiendo propuesto la Empresa construir una viga continua de tres tramos, fué desechada esta solución, reemplazándola por una de tres tramos independiente, dado que desgraciadamente, quedaba demostrado que la cimentación del puente á cualquier profundidad que se llevase, había de descansar sobre terrenos más ó menos compresibles, de suerte que eran muy de temer asientos de alguna importancia en cualquier momento, y no hay necesidad de demostrar que un asiento de esta clase puede ocasionar la ruina inmediata de un tramo continuo. La experiencia de lo ocurrido, no sólo en el río de Bajbas, sino en todos los puentes comprendidos entre este río y el de San Fernando, confirma plenamente esta apreciación, pues había resultado que á pesar de las pruebas á que habían sido sometidos los apoyos de aquellas obras cargándolos con 50 toneladas por cilindro antes de rellenarlos de hormigón y volviéndolos á cargar muchos de ellos con doble de este peso después de rellenos, hasta que dejaron de bajar, pasado algún tiempo, al hacer pruebas de los puentes ya terminados, volvieron á bajar más ó menos, la mayor parte de estos apoyos, y eso que la carga impuesta en estas pruebas era superior á la que antes habían sufrido las pilas.

(Se continuará.)

Explicación del grabado.—Pilas del puente antiguo.—Cajón para la cimentación de una pila.—Puente en construcción.