

REDUCCIÓN DE LA SOCAVACIÓN AL PIE DE PILAS CIRCULARES DE PUENTES

Lucio Fragoaso Sandoval, Jaime Roberto Ruiz y Zurvia Flores
e Irene Silva Rodríguez.

Profesores de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco, del Instituto Politécnico Nacional. Avenida Juan de Dios Batiz S/N, Colonia Lindavista, C. P.07300, Ciudad de México, México. Teléfono 57296000 extensión 53140.

E-mail: lfragoaso@ipn.mx, jaruizz@ipn.mx, silvarodriguezi@yahoo.com.mx

Introducción

En general para asegurar la estabilidad de los puentes que interactúan con ríos, el ingeniero civil tiene una enorme tarea ante sí; tanto en la ubicación conveniente del puente, como en el cálculo de las profundidades de socavación producidas en pilas.

Puede afirmarse que la mayoría de colapsos en puentes que cruzan cauces fluviales de lechos formados generalmente por material no cohesivo, son provocados por la socavación local de sus pilas, que al paso de una avenida pierden apoyo y se asientan provocando la falla de la estructura.

De acuerdo a la Universidad del Cauca (2003), la complejidad de este fenómeno es muy alta y por ello su estudio se ha basado en procesos experimentales.

La inundación de 1993, en la cuenca del Mississippi, causó 23 fallas; los daños fueron estimados en 15 millones de dólares USA. Las causas de dichas fallas fueron: 14 por socavación en estribos, 2 por socavación en pilas, 3 por socavación tanto en pilas como en estribos, 2 por deslizamiento de taludes laterales, 1 por carga de sedimentos y 1 por causas desconocidas (Bonilla y Flores, 2003).

En México, no se cuenta con estadísticas del número de puentes colapsados, pero se tiene el conocimiento que en los últimos años se han venido presentando múltiples fallas en un buen número de puentes que cruzan cauces fluviales de lechos formados, generalmente, por material no cohesivo, siendo la falla principal la producida por socavación local al pie de pilas y estribos.

El estudio aquí tratado, se realizó en el Laboratorio de Ingeniería Hidráulica de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco (LIHESIAZ), del Instituto Politécnico Nacional, en su canal de arenas. A través de un modelo físico reducido de una pila de puente en un río a una escala de 1:20, se analizó el comportamiento de la socavación que genera un cierto flujo de agua en torno al sistema formado por una pila de puente en el canal de arenas (río); se simuló los parámetros de tirantes, velocidades y gastos.

Determinando primero el comportamiento de la socavación máxima al pie de pila contra el número de Froude del flujo (Fr), presentando socavaciones máximas de 0.5 a 2.70 m para Fr de 0.35 a 0.70. Después se probaron en la pila transiciones en V de 40, 30 y 20° en su vértice, al frente de la pila, y se requirió adicional también una transición atrás de ésta de 40°, en los casos de pila con transición en el frente de 30 y 20°, pues se observó que ésta se necesitaba, alcanzándose a reducir la socavación máxima en un 90% al pie de la pila con transiciones de 20° al frente y de 40° atrás de la pila.

Es de gran importancia poder determinar la magnitud a que puede llegar este efecto erosivo, en el diseño de las cimentaciones poco profundas para puentes, pues una falla sería de juicio en esta cuestión, pues puede conllevar a la destrucción total de la estructura o a la adopción de profundidades antieconómicas y excesivas, con los resultados de este proyecto se podrá reducir la profundidad de socavación al pie de pilas de puentes en ríos.

Objetivos

Reducir experimentalmente la socavación local al pie de pilas de puentes en ríos, a través de transiciones en V al frente y atrás de la pila. Y los objetivos particulares fueron: Obtener experimentalmente la geometría de la transición(es), para lograr una reducción de la socavación local significativa al pie de pilas de puentes.

Materiales y métodos

Para alcanzar los objetivos antes planteados, se utilizaron instalaciones y equipo de medición del LIHESIAZ, tales como: canal de arenas equipo de bombeo, velocímetro electrónico digital, tuberías de suministro de agua y canal de retorno.

La metodología empleada se integro por las siguientes actividades: recopilación bibliográfica sobre el tema de estudio, análisis de los métodos existentes sobre la evaluación de la socavación local al pie de pilas de puentes; diseño, construcción, calibración y operación de un modelo hidráulico reducido de la pila y transiciones en su caso; procesamiento y análisis de resultados y formulación de conclusiones y recomendaciones del estudio, considerando:

- Dimensiones y características de la instalación.
- Capacidad del equipo de bombeo.
- Características de los instrumentos y equipo de medición.
- Dimensiones de la pila.
- Granulometría del material erosionable.
- Número de ensayos a efectuar.
- Duración de los ensayos, y.
- Selección de los parámetros a intervenir.

Evaluación de resultados

Reducción de la profundidad de socavación.

Los resultados obtenidos, en este proyecto fueron altamente satisfactorios, pues en la etapa de ensayos uno, con la pila circular original, la socavación máxima que generó cada uno de los flujos (velocidad, gasto, Número de Froude, tirante), presentó valores desde 3 hasta 13.5 cm en modelo (de 0.6 a 2.7 m en prototipo), ver tabla 1 y figura 1 y 2.

En la segunda etapa de ensayos se probó la misma pila pero con una transición en V con 40° al frente de la pila, la socavación obtenida varío de de 2 a 14.50 cm en modelo (ver figura 2). De lo que se pudo observar, que en velocidades bajas si reduce la socavación que presentó la pila original, pero con velocidades mayores a 0.6 m/s la profundidad de socavación resultó mayor a las generadas por la pila original. Ver figura 2. Es decir la pila requiere también de una transición aguas abajo, para reducir la socavación.

En la etapa de ensayos tres, con pila original con una transición en V , al frente con 30° en su vértice y otra transición en V , atrás con 40° en su vértice, la socavación promedio se reduce aproximadamente en un 45 %, pues presentó socavaciones de 1.7 a 7.4 cm en modelo y de 0.34 a 1.48 m en prototipo (ver figura 2).

En la etapa de ensayos cuatro, con pila original con una

transición al frente de 20° y otra transición atrás de 40°, la socavación obtenida se reduce en promedio en un 88 % pues presentó socavaciones de 0.5 a 1.1 cm en modelo (de 0.10 a 0.22 m en prototipo), ver figura 2. Es decir se alcanzó a reducir la socavación máxima que genera la pila circular original en un 91.5 %, pues ésta pasa de 2.7 m a 0.22 m, en prototipo.

En la etapa de ensayos cinco, con la misma estructura de la etapa anterior, pero incrementando el tiempo de duración de los ensayos de 30 a 60 minutos, la socavación obtenida se reduce en promedio en un 70 % pues presentó socavaciones de 0.9 a 2.6 cm en modelo (de 0.18 a 0.52 m en prototipo), ver figura 2. Es decir se alcanzó a reducir la socavación máxima que se genera en la pila circular original en un 80.0 %, pues ésta pasa de 2.7 m a 0.52 m, ver figura 4.

En resumen, se alcanzó a reducir la socavación máxima que generó el flujo en una pila circular en un 91 %, pues esta pasa de 2.7 m a 0.22 m (en prototipo) utilizando la misma pila con dos transiciones en V, una delante de 20° en su vértice y otra atrás de 40°.

Aplicaciones

Los resultados de este estudio se podrán utilizar en una amplia forma, dentro de la docencia y la investigación; en el desarrollo de anteproyectos y proyectos de puentes, en el diseño de sus pilas y cimentaciones, para garantizar que éstas no sean alcanzadas por la socavación que pudiera generar alguna avenida.; cuyo campo acción es muy grande y de gran importancia para cualquier país.



Figura 1.- Vista de la pila circular y foso de socavación después del ensayo.

Tabla 1.- Ensayos con pila circular (original).

Ensayo Núm.	Tirante (d) [cm]	Velocidad V[m/s]	No. Froude Fr (s/d)	ds [cm]
1	12.10	0.36	0.36	3.30
2	12.60	0.43	0.39	3.60
3	13.80	0.48	0.41	4.00
4	15.40	0.57	0.46	6.90
5	16.00	0.60	0.48	8.00
6	16.50	0.64	0.505	9.00
7	17.20	0.66	0.51	9.80
8	17.50	0.68	0.52	12.50
9	17.60	0.70	0.53	13.00
10	17.80	0.72	0.54	13.50

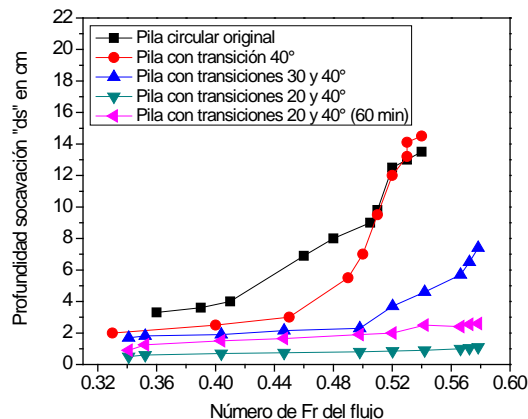


Figura 2.- Gráficas de la profundidad de socavación Vs. Número de Froude del flujo, en modelo.

Conclusiones

Derivado de los resultados obtenidos, se concluye que la profundidad de socavación sí se reduce en un 91.5%, mediante el uso de una transición en V a 20° frente a la pila y otra atrás de 40°. Es decir se cumplen los objetivos del estudio.

Además se observó en el desarrollo de los ensayos, particularmente en la etapa 2, que la pila requería de dos transiciones, una aguas arriba y otra abajo, para reducir la profundidad de socavación al pie de la pila, por lo que se propuso la misma en las siguientes etapas (etapas 3, 4 y 5) de 40° en su vértice.

Referencias bibliográficas

Bonilla G. R. y Flores R. J. L., (2003), *Reducción de Socavación en Pilas circulares de Puentes*, Tesis de Maestría, ESIA U. Z. IPN, México. Pp 50-60.

Coleman, Bruce W. Melville and Stephen E. (2000). *Bridge Scour*. Colorado USA. Water Resources Publications, LLC.

Fragoso S. L., Ruiz y Z. F. J. R., Viguera M. L. P., Rosales F. G, V. y Teoyotl F. J. C.; (2015). *Socavación al pie de estribos cortos de puentes en ríos*. Reporte final de investigación, SEPI, de ESIA U. Z., IPN, México. Pp. 25-35.

Melville B. W., (1992). "Local Scour at Bridge abutments", *Journal of Hydraulics Engineering*. ASCE. Vol. 118. No. 4. April 1992. Pp 615-620.

Universidad del Cauca. (2003). *Socavación en puentes*. Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Hidráulica. Colombia. Pp 255-270.