

EROSIÓN LOCAL EN PILAS DE PUENTE COMPLEJAS

Pablo Spalletti y José Daniel Brea

Laboratorio de Hidráulica - Instituto Nacional del Agua (INA), Argentina

E-mail: pspallet@ina.gov.ar - dbrea@ina.gov.ar

Introducción

La construcción de pilas de puentes mediante grupos múltiples de pilotes, es una técnica usual en obras sobre grandes ríos. Los procesos erosivos en este tipo de estructuras son complejos y por ello difíciles de predecir, lo que se suma a la escasez de estudios relativos a esta problemática. Por ello, son usualmente necesarios modelos físicos para estudiar estos fenómenos.

El objetivo de este trabajo es, a través de los estudios llevados a cabo en modelos físicos a fondo móvil en el Laboratorio de Hidráulica del Instituto Nacional del Agua, para caracterizar los procesos erosivos en los grupos de pilotes proyectados en el puente Goya-Reconquista, explicar algunos de los aspectos característicos y propios de estos procesos.

Se analiza también el contraste entre la máxima socavación obtenida de las experiencias y las fórmulas de predicción de la máxima erosión local en grupos de pilotes, usualmente usadas.

Dispositivo Experimental

Los ensayos se realizaron en un canal de 30 metros de largo, 2 metros de ancho y 1 metro de altura, con una capacidad de bombeo del orden de los 500 litros por segundo. En él, se definió un segmento de 5 metros de longitud, 2 metros de ancho y 50 centímetros de espesor con material granular, para constituir el fondo móvil, donde se fueron colocando las estructuras a ensayar.

El sedimento del fondo del río Paraná es arena y aún distorsionando la escala de densidades, el material en el modelo sería tan fino que no se comportaría como granular. Sin embargo numerosas investigaciones han demostrado que los procesos de erosión local tienden a ser independientes del tamaño del material, cuando la velocidad de la corriente supera el valor crítico de inicio de movimiento (Melville, 1984).

Para cumplir con el criterio anterior, se utilizó como material granular, carbón mineral de peso específico $\gamma_s=1430 \text{ kg/m}^3$, con un d_{50} algo inferior a $200\mu\text{m}$.

En la Figura 1 se muestra la colocación de una de las estructuras a ensayar y la preparación del fondo móvil.



Figura 1.- Montaje de estructura y preparación del fondo móvil

Se estudiaron para un ángulo de incidencia de la corriente de 0° , diez configuraciones geométricas de pilas conformadas por 46, 35, 32, 30, 28, 24, 22, 20, 18 y 9 elementos, de 2 metros de diámetro cada uno de acuerdo al Proyecto. Los grupos de 24 y 46 pilotes se evaluaron también para ángulos de ataque de 10° , 20° y 30° .

La Figura 2 muestra los esquemas geométricos correspondientes a cada una de las experiencias realizadas, indicándose también el número de ensayo, el número de pilas, el ángulo de ataque de la corriente (cuando fue distinto a 0°) y la escala utilizada.

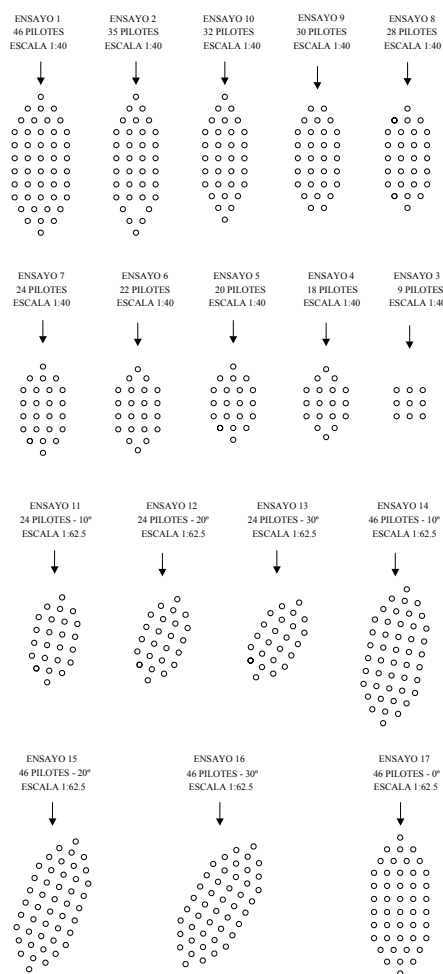


Figura 2.- Esquema geométrico de los grupos de pilotes ensayados

Para tener en cuenta el posible efecto de las paredes del canal en el valor de la máxima socavación, se realizó el ensayo correspondiente al grupo de 46 pilotes y ángulo de ataque de 0° , con escalas de longitudes 1:40 y 1:62,5 (Ensayos 1 y 17). En las experiencias para los grupos de pilas con ángulos de incidencia distintos de 0° , se adoptó una escala de longitudes de 1:62,5.

Durante las experiencias se registraron velocidades mediante un Velocímetro Acústico Doppler (ADV) en puntos particulares del modelo, con el objeto de

caracterizar el flujo en torno a la estructura.

La duración de los ensayos fue del orden de las 7 horas y una vez finalizados se relevó el fondo, caracterizándose en detalle la fosa de erosión y la máxima socavación.

Erosión Local

En la Tabla 1 se resumen las condiciones hidráulicas utilizadas para cada ensayo junto con la máxima erosión local normalizada por el diámetro de un pilote individual (S/D).

De acuerdo a lo observado en los ensayos, la erosión general en todos los casos fue del orden de los 15 centímetros cuando se trabajó con escala 1:40 y de 10,5 centímetros con la escala de longitudes de 62,5. En la Tabla 1 la erosión general antes indicada fue restada a la erosión máxima para la determinación de la máxima erosión local.

Tabla 1.- Condiciones hidráulicas de los ensayos y relación S/D registrada

Ensayo	Número de pilotes	Ángulo de ataque (°)	Tirante (m)	Velocidad (m/s)	S/D
3	9	0	0.5	0.364	3.020
4	18	0	0.5	0.364	3.840
5	20	0	0.5	0.364	3.920
6	22	0	0.5	0.364	3.680
7	24	0	0.5	0.364	4.380
11	24	10	0.32	0.291	4.750
12	24	20	0.32	0.291	4.969
13	24	30	0.32	0.291	5.469
8	28	0	0.5	0.364	4.420
9	30	0	0.5	0.364	5.160
10	32	0	0.5	0.364	4.500
2	35	0	0.5	0.364	4.680
1	46	0	0.5	0.364	6.640
17	46	0	0.32	0.291	6.875
14	46	10	0.32	0.291	8.500
15	46	20	0.32	0.291	7.000
16	46	30	0.32	0.291	6.938

Usualmente para la estimación de la erosión local en pilas compuestas por numerosos elementos se utilizan las expresiones presentadas la Circular HEC-18 (2001). La Figura 3 muestra la comparación entre erosiones locales máximas observadas en los ensayos y las estimadas con la metodología del HEC-18.

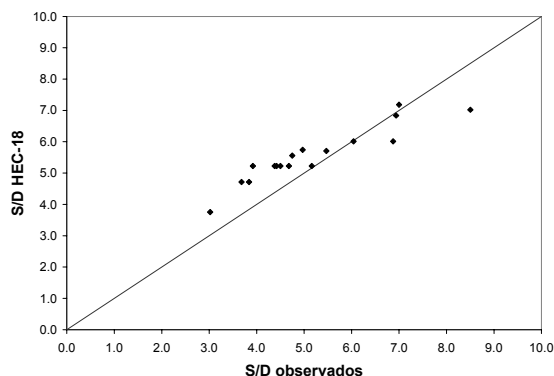


Figura 3.- Máximas erosiones locales medidas y calculadas con metodología del HEC-18

Se aprecia una gran concordancia entre valores observados y calculados, pero con una subestimación para los valores más grandes que se corresponden con las erosiones en los grupos más numerosos.

Debido al déficit en los valores estimados para los grupos más complejos, se llevó a cabo un análisis considerando el efecto del coeficiente asociado al número de filas alineadas. Los resultados se presentan en la Figura 4 pudiéndose observar que para ningún caso se observan subestimaciones.

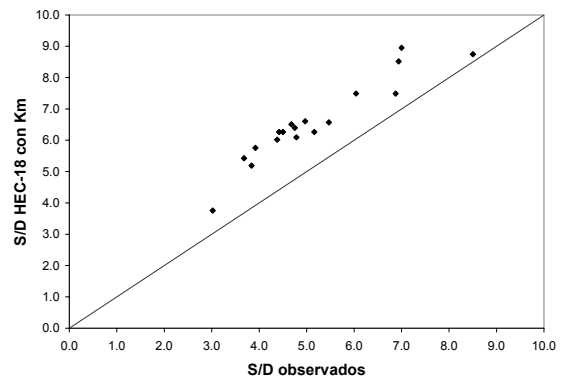


Figura 4.- Máximas erosiones locales medidas y calculadas con metodología del HEC-18 corregida

Más allá de la capacidad de predicción de las formulaciones, que en general están basadas en datos experimentales, cuando los grupos son muy numerosos y con distribuciones complejas de elementos, pequeños cambios en las condiciones hidráulicas (como puede ser el ángulo de ataque), que en las metodologías de cálculo no tienen gran relevancia, en la realidad pueden afectar en forma notoria el campo de flujo alrededor y entre los elementos que conforman la pila y como consecuencia de ello la manera en que se desarrollan los procesos erosivos.

Esto puede apreciarse en los resultados de las experiencias, si se analizan los sitios donde se observan las máximas erosiones locales o los patrones de las fosas de erosión.

Conclusiones

Debido a la complejidad de los fenómenos erosivos en grupos numerosos de pilotes el uso de modelos físicos es fundamental no sólo para estimar los valores máximos de erosión local, sino que también para caracterizar los escurrimientos y la forma en que se desarrollan las fosas de socavación.

De los resultados de los ensayos presentados surge la gran sensibilidad de los procesos observados frente a cambios en las condiciones hidráulicas.

Se realizó una comparación de los valores de erosión local observados en el modelo y los calculados mediante la fórmula de cálculo usada en general para su estimación, planteándose una alternativa de corrección de la metodología original con el objeto de evitar subestimaciones de las socavaciones locales máximas.

Referencias Bibliográficas

Melville, B.W. (1984). Live-bed scour at bridge piers, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 110, No. 9, September 1984: 1234-1247.

Richardson, E.V. & Davis, S.R. (2001). *Evaluating Scour at Bridges, Hydraulic Engineering Circular No. 18 (HEC-18)*, Rep. No. FHWA NHI 01-001, Federal Highway Administration, Washington DC, USA.