

INVESTIGACIÓN NUMÉRICA DE POTENCIAL DE EROSIÓN CAUSADO POR SOCAVACIÓN POR PRESIÓN

Daniel Vicente Horna Muñoz¹ y George Constantinescu²

¹ Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC), Lima, Perú.

² University of Iowa, Iowa, USA.

E-mail: dhorna@utec.edu.pe, sconstan@engineering.uiowa.edu

Introducción

El transporte de sedimentos puede afectar infraestructura existente y necesita ser considerada adecuadamente en el diseño de estructuras. De acuerdo al Inventario Nacional de Puentes de los EE.UU., aproximadamente 84% de puentes están construidos por encima de ríos (Mays, 2011), los cuales son afectados gravemente durante inundaciones. Durante una inundación, es posible que la plataforma del puente quede totalmente sumergida, causando socavación por presión (Lyn, 2008). Este fenómeno es tomado en cuenta de una forma muy gruesa en modelos hidráulicos 1-D como HEC-RAS en base a ecuaciones empíricas.

El presente artículo estudia de forma numérica el potencial de socavación por presión en un estrecho de 1.6 km del Iowa River, en Iowa City, Iowa, EE.UU durante un evento no permanente que induce la sumersión completa de la plataforma del río.

Metodología

El potencial de erosión fue estudiado de manera numérica, utilizando el modelo STAR-CCM+, modelo completamente tridimensional no-hidrostático URANS con capacidades de seguir la deflexión de la superficie libre via el método Volume-of-Fluid (VOF). STAR-CCM+ cuenta con diferentes modelos de turbulencia disponibles, como el κ - ϵ , κ - ω o el S-A, siendo el κ - ϵ el modelo escogido. El delta de tiempo fue escogido utilizando un número CFL de aproximadamente 0.2 para garantizar estabilidad numérica y conservación de masa. La malla computacional contó con aproximadamente 2 millones de celdas con un refinamiento cerca de las superficies sólidas equivalente a y^+ igual a 50.

Resultados

La información batimétrica de la zona de interés se muestra en la Figura 1. En esta figura también se señalan la ubicación de las 2 estructuras de importancia, siendo la plataforma del puente una de estas, y una presa de río que se encuentra ubicadas inmediatamente aguas abajo del puente. Asimismo, se ubican 3 secciones a analizar los resultados más a detalle. La sección 1 se ubica en el centro del puente, mientras que las secciones 2 y 3 se ubican 60 m aguas arriba de la sección 1 y 2 respectivamente.

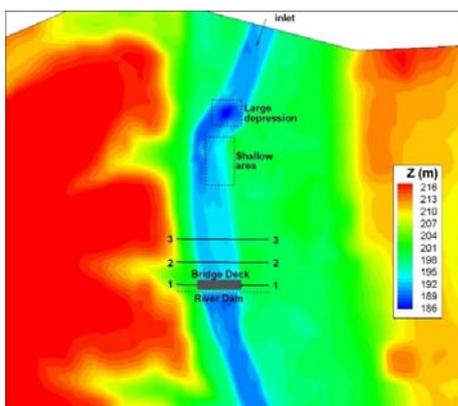


Figura 1.- Información batimétrica de la zona de interés.

El puente se incluyó en el modelo numérico tomando en cuenta solo la plataforma, no los pilares (Figura 2) para poder estudiar sólo el fenómeno de socavación por presión.

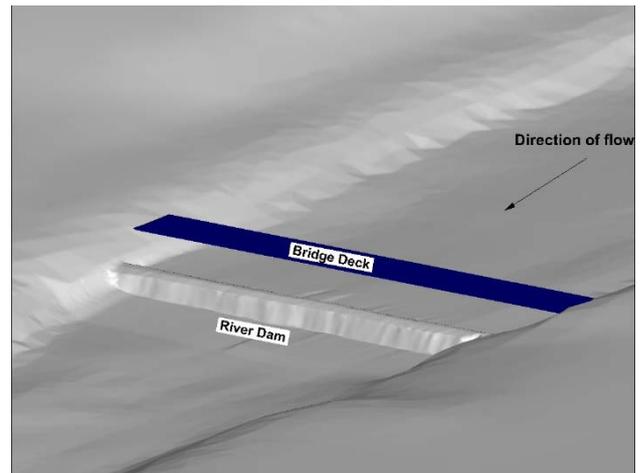


Figura 2.- Visualización de plataforma del puente.

Un Hidrograma sinusoidal de duración de 4 horas, con condiciones iniciales equivalentes a condiciones de caudal bajo y llegando a un caudal pico equivalente a una inundación con periodo de retorno de 500 años, fue propagada en el estrecho del río para poder garantizar la sumersión completa de la plataforma del puente y así observar la socavación por presión.

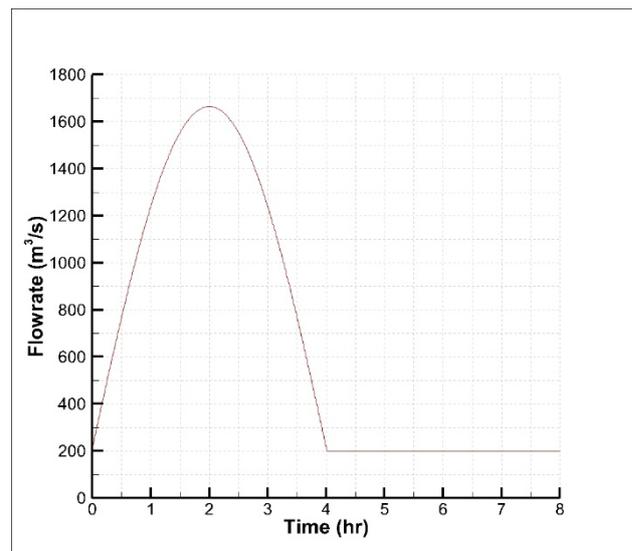


Figura 3.- Hidrograma de entrada

La plataforma del puente se sumergió completamente en caudales de magnitud cercana a la magnitud del caudal pico del hidrograma de entrada. Esto creó un perfil no logarítmico de velocidad debajo de la plataforma del puente, el cual cuenta con

una gradiente de velocidad más alta cerca del fondo del río, amplificando el esfuerzo cortante, y correspondientemente, el potencial de erosión.

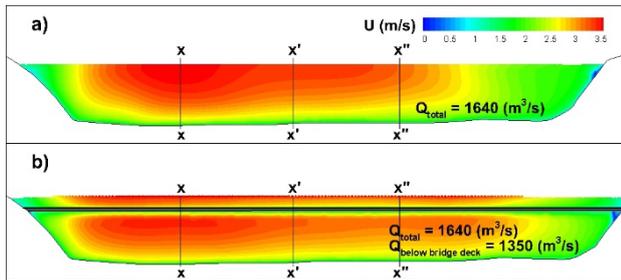


Figura 4.- Distribución de velocidades en caudal pico para a) caso sin puente, y b) caso con puente.

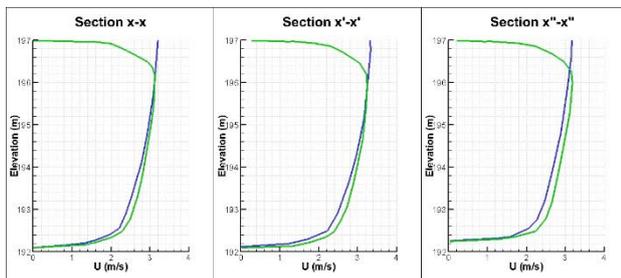


Figura 5.- Comparación de perfil de velocidades en 3 lugares para el caso sin puente (azul), y con puente (verde).

Conclusiones

Se estudió numéricamente el potencial de erosión causada por socavación por presión en un estrecho de 1.6 km del Iowa River en Iowa, EE.UU. Este fenómeno fue estudiado con STAR-CCM+, un modelo tridimensional URANS con capacidades VOF.

Se confirmó durante la simulación no permanente que la sumersión de la plataforma de un puente durante eventos de inundaciones incrementa el potencial de erosión, ya que la gradiente de velocidad cerca del fondo del río es mayor, a que si el perfil fuera logarítmico (caso sin plataforma de puente).

Este concluye que los modelos tridimensionales son capaces de capturar fenómenos como socavación por presión, sin necesidad de simplificaciones o suposiciones. Los resultados obtenidos con modelos tridimensionales pueden ser utilizados como experimentos numéricos para encontrar una metodología de corrección de esfuerzos cortantes en la presencia de efectos de socavación por presión, para así mejorar códigos 1-D y 2-D existentes.

Referencias

- Lyn, D.** (2008). "Pressure-Flow Scour: A Reexamination of the HEC-18 Equation." *Journal of Hydraulic Engineering*, 134(7), 1015-1020
- Mays, L.** (2001). *Water Resources Engineering*, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Print.