

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA EL DISEÑO DE PROTECCIONES FLEXIBLES JUNTO A ESTRIBOS DE PUENTES

Marcela Reynares, Graciela Scacchi, Mario Schreider y Felipe Franco

Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH)-Universidad Nacional del Litoral (UNL), Santa Fe, Argentina.

E-mail: reynares@fich1.unl.edu.ar - Web: http://fich.unl.edu.ar

Introducción

La colocación de revestimientos flexibles en sitios de puentes es una de las medidas de protección más difundida en la actualidad. Las mismas son utilizadas con el fin de defender tanto las pilas y estribos, como los terraplenes de aproximación, de los procesos erosivos a los que estas estructuras se encuentran sometidas.

En este trabajo se presentan algunos aspectos que condicionan el diseño de protecciones flexibles, que se colocan al pie de estribos de puentes aliviadores. Los mismos surgieron a partir de una serie de experimentos de laboratorio desarrollados en el marco de una línea de investigación orientada al estudio de los procesos erosivos que se generan junto a puentes aliviadores emplazados en valles de inundación de importantes extensiones. Temática en la cual la FICH ha venido trabajando, a lo largo de las dos últimas década.

Metodología y Diseño Experimental

La experimentación fue realizada en un canal de grandes dimensiones ubicado en la Nave I del Laboratorio de Hidráulica de la FICH, el cual permite representar adecuadamente las características que adquiere el escurrimiento en un valle de inundación (Fig. 1).

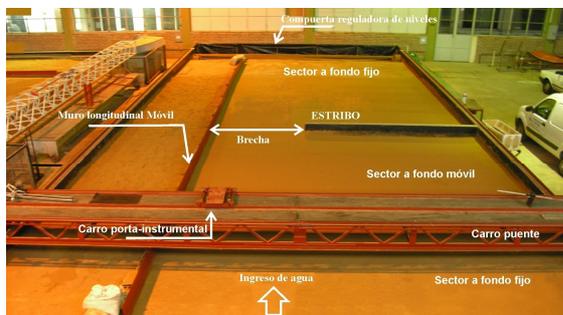


Figura 1.- Dispositivo de Ensayo.

En su porción central, el canal está conformado por un lecho de arena uniforme de diámetro medio de 1 mm. A 11 m de la sección de entrada, se materializó un estribo prismático de pared vertical, de 3.65 m de longitud y 0.12 m de espesor, con origen en la margen derecha del canal. Un muro longitudinal móvil permite variar el ancho de la brecha "B" en la sección de emplazamiento del estribo (Fig. 1).

Una protección de bloques de concreto adheridos a geotextil fue colocada sobre el lecho junto al pie del estribo. Los bloques que componen las mantas, son prismas tronco piramidal de base cuadrada, con lados de 0.026 metros y un espesor de 0.012 m (Fig. 2).

Los experimentos fueron realizados para un ancho de sección de paso (B) de dos (2) metros. El caudal total de cada ensayo fue de 72 l/s, y se mantuvo constante en todos los experimentos. El mismo fue definido de manera tal que se verifique un caudal específico medio $q_m = 0.036 \text{ m}^2/\text{s}$

en la sección estrechada. En primer lugar, fue realizado un ensayo de referencia donde se dejó desarrollar la hoya de erosión junto al estribo sin protección, para luego experimentar con diversas mantas protectoras que diferían en su ancho "W", los que variaron entre 0.25 y 1.00 m. La totalidad de los experimentos fueron ejecutados en condiciones de agua clara y tuvieron una duración de 24 horas.

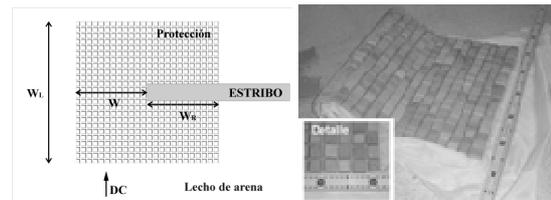


Figura 2.- Esquema de las dimensiones de la protección y detalle de la misma.

Una vez finalizado cada experimento y desagotado el canal, se realizó un relevamiento topográfico de detalle del lecho y un exhaustivo registro fotográfico.

Análisis de Resultados

Los resultados encontrados demuestran que las máximas profundidades de erosión "y_E" que se generan junto a un estribo protegido de un puente aliviador no difieren significativamente de la situación sin protección para iguales condiciones hidráulicas.

La presencia de la protección genera un desplazamiento del sector erosionado y por lo tanto de las máximas profundidades. Dicho corrimiento depende del ancho de la protección (W), tal como puede observarse en la Fig. 3. Allí se representa la variación de la distancia desde el extremo de la protección sin deformar a la máxima profundidad, H, en función de "W". Se observa que para anchos de protección menores a 0.60 m, la máxima profundidad se desarrolló en las inmediaciones de la sección del estribo y próxima al extremo del revestimiento; mientras que para $W > 0.60 \text{ m}$ la máxima erosión se desplazó de manera significativa hacia aguas abajo.

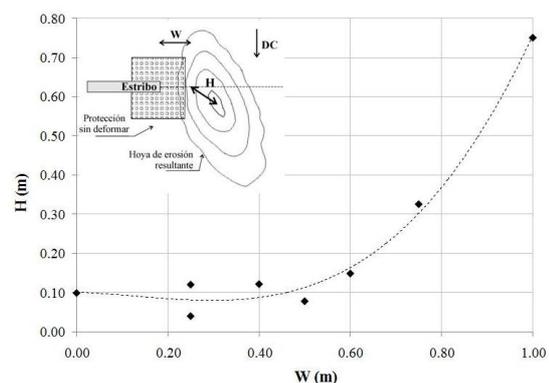


Figura 3.- Variación de la distancia "H" con respecto al ancho de la protección "W".

Puesto que las hoyas de erosión se desarrollan junto al extremo de la protección, el revestimiento se ve sometido a importantes deformaciones, tal como puede observarse en la Fig. 4. Se ha verificado que en la medida que “W” tiende a “y_E”, el talud revestido resulta cada vez más empinado, alcanzando ángulos (α) superiores a los 45°, para el menor “W” considerado (Fig. 5).

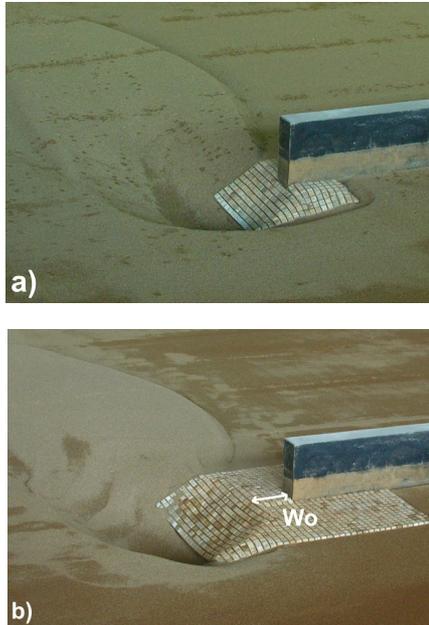


Figura 4.- Hoyas de erosión y deformación de la protección para: a) W = 0.25 m y W = 0.50 m.

En la Fig. 4 se observa que en la medida que se incrementa el ancho de la protección aparece una porción de la misma, en la parte superior del talud protegido, que no se ha deformado (Fig. 4b). Este sector sin deformar (Wo) se incrementa en la medida que “W” aumenta, tal como se presenta en la Fig. 5.

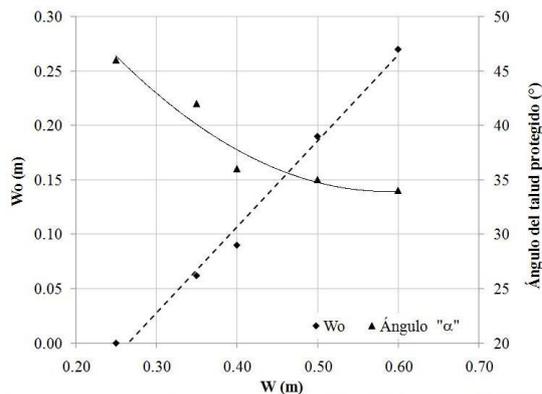


Figura 5.- Variación de la extensión “Wo” y del ángulo “ α ” con respecto al ancho de la protección “W”.

Un análisis de la geometría del lecho resultante, permite identificar que los perfiles críticos, desde el punto de vista de la estabilidad, se localizan en la sección de emplazamiento del estribo.

Las evidencias experimentales encontradas con relación a las características geométricas del sector erosionado (máxima profundidad de erosión, ubicación, taludes de la hoya, perfiles críticos) introducen como criterio determinante del diseño en planta de mantas flexibles, como las aquí ensayadas, al análisis de estabilidad

geotécnica, de modo tal de determinar como longitud óptima de protección a la mínima que asegure condiciones estables del conjunto estribo-lecho-manta protectora.

Basado en dicha premisa se realizó un análisis de estabilidad geotécnica de los perfiles críticos identificados en cada uno de los experimentos realizados mediante el software STABL WV (2008). De dicho análisis surge que en aquellas situaciones en las que la fosa de erosión se encuentra muy cerca del estribo, los coeficientes de seguridad al deslizamiento resultan inferiores a la unidad, evidenciando un inadecuado ancho de la protección “W”, con valores cada vez mayores en la medida que el ancho de protección considerado aumentó (Fig. 6).

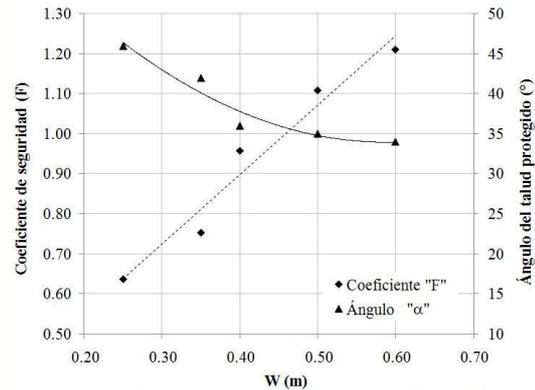


Figura 6.- Variación del coeficiente de seguridad al deslizamiento (F) y del ángulo “ α ” respecto al ancho de la protección “W”.

Conclusiones

Las máximas profundidades de erosión junto a un estribo protegido de un puente aliviador adquieren valores semejantes a la situación sin protección. La localización de las mismas se desplaza de manera proporcional al ancho de la protección “W”. En la medida que el ancho de la protección disminuye, mayores son las deformaciones que sufre el revestimiento pudiendo resultar en coeficientes de seguridad al deslizamiento en el perfil crítico inferiores a la unidad. Dicho coeficiente se incrementa en la medida que se consideran anchos de protección mayores.

Se propone incorporar como criterio determinante del diseño en planta de la protección al análisis de estabilidad geotécnica del conjunto “estribo-protección-lecho erosionado”, a partir del cual es posible definir la mínima extensión que debe tener la protección de manera que se asegure la estabilidad del conjunto.

Referencias Bibliográficas

STABL WV (2008) – “Slope stability analysis software - Manual”. 1ST Edition. TerraWiz, LLC.