

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL CÁLCULO DE PROTECCIONES DE MÁRGENES EN RÍOS

C.S.Loschacoff, J.D.Brea, M.Busquets, P.Ormazabal

Instituto Nacional del Agua (INA) Casilla de Correo 21 – Ezeiza - 1804

E-mail: dbrea@ina.gov.ar; sloschac@ina.gov.ar; mbusquet@ina.gov.ar; pormazabal@ina.gov.ar
www.ina.gov.ar

Introducción

En la actualidad existen diversos sistemas de protección de márgenes fluviales o canales de efectos erosivos ocasionados por la acción de las corrientes. Como material tradicional se encuentra el rip-rap o enrocado; a partir de una derivación de este tipo de protección surgió hace muchos años la colchoneta de alambre tipo Reno, en la que se confina al enrocado dándole mayor eficiencia. Y en estos últimos años se emplean en nuestro país otros sistemas como bloques de hormigón intertrabados o adheridos a un geotextil.

Estos tipos de cubierta tienen amplia aplicación en Argentina. Adquieren importancia por su valor económico cuando el área a cubrir es extensa o por la complejidad para su ejecución, así como también por las consecuencias que podría significar su falla, por ejemplo la rotura de estribos de puentes, el colapso de un terraplén de control de inundaciones, la invasión del río a sectores productivos, etc.

A partir de los resultados de un estudio comparativo de tres tipos de protecciones de márgenes frente a la acción de las corrientes, realizado sobre la base de ensayos en modelo físico a fondo móvil (Brea, 2002), surgieron algunos aspectos de interés que fueron más allá de los objetivos específicos del estudio, y que fueron motivos de estudios posteriores.

Entre ellos, en el presente trabajo se describe la evaluación de algunas expresiones de cálculo disponibles para protecciones sometidas a la acción de las corrientes, de modo de tratar de explicar algunas particularidades que surgen de su aplicación.

Pilarczyk (1995, 1998, 2001), en su fórmula derivada para el dimensionamiento de cubiertas de protección sometidas a la acción de las corrientes, ha podido englobar a diferentes sistemas de protección, considerando diversas variables que participan en la estabilidad de estos sistemas.

El objetivo del presente trabajo fue analizar la aplicación de la fórmula de Pilarczyk para enrocado, colchonetas de alambre y mantas de bloques de hormigón adherido a un geotextil, comparando los resultados con los resultados de modelo físico y con otras expresiones de cálculo, cuando resultó posible.

Cálculo de los elementos de protección

La fórmula de Pilarczyk (1995, 1998, 2001), que es la usualmente empleada para la determinación de protecciones de características similares, fue derivada a partir de la expresión de la tensión crítica de corte de Shields y cuya relación se presenta a continuación:

$$u^2 = \frac{\Delta \times D \times 2 \times g \times \Psi_{cr} \times K_s}{\Phi_s \times K_t \times 0.035 \times K_h} \quad (1)$$

donde:

Δ : densidad relativa

D: espesor característico.

g : aceleración de la gravedad

Ψ_{cr} : parámetro de Shields, variable según el tipo de protección.

K_t : factor de turbulencia

K_s : parámetro de pendiente

α : ángulo del talud

K_h : parámetro de profundidad

$K_h = 2 / (\log(1 + 12 h / kr))^2$ - para perfil logarítmico de velocidad.

$K_h = (1 + h / kr)^{-0.2}$ - para perfil de velocidad no desarrollado.

$K_h = 1$ - para $h / kr < 5$

h : tirante mínimo

kr: rugosidad equivalente (Nikuradse (m))

Φ_s : parámetro de estabilidad

La expresión (1) incluye una serie de coeficientes con diferentes significados, por ejemplo K_s es un coeficiente de reducción de la resistencia de la protección y K_t es un coeficiente de amplificación de la carga (modifica la velocidad). La aplicación de estos coeficientes requiere una correcta evaluación de los mismos para cada caso en particular, ya que en el cálculo de los espesores de una cobertura de protección pueden resultar valores con diferencias superiores al 20 %.

Es de destacar además, cómo fueron variando la definición de algunos parámetros y sus valores, en las distintas referencias del mismo autor.

Análisis realizados

El trabajo se dividió en tres etapas. En la primera se analizó la aplicación de la expresión (1) para el dimensionamiento de enrocado. Principalmente se consideró el coeficiente Ψ_{cr} comparando el sugerido por Pilarczyk con otros investigadores entre ellos Paintal (Van Rijn, 1993), como así también el determinado a partir de la curva de Shields.

La segunda etapa consistió en analizar el dimensionamiento de colchonetas de alambre aplicando la expresión (1), comparando con las indicaciones dadas por el fabricante, en las que a veces se emplean velocidades de diseño (Maccaferri, 1981), y en otras los resultados de ensayos efectuados en modelo físico (Colorado State University, 1984).

Para el primer caso se estableció un tirante de 2m y otro que cumpliera la condición $h / kr < 5$, a fin de poder calcular el K_h empleado en la expresión (1), y relacionarlo a las velocidades de diseño. En el segundo caso se consideraron las tensiones de corte, realizando el cálculo

al igual que el indicado por Pilarczyk, donde se dimensiona en primer término la piedra de relleno, la cual adquiere un valor de Ψ_{cr} superior al correspondiente a el enrocado libre, y luego la colchoneta con su Ψ_{cr} correspondiente.

En la tercera etapa, teniendo en cuenta los resultados de la modelación física, se analizó la aplicación de la expresión (1) para mantas de bloques adheridos a un geotextil. Para este caso se observó en el modelo que para ciertas metodologías constructivas resultaban inestables y en otras se producían algunas deformaciones en el talud sobre el que se apoyaban (conformado de arena). Las mantas con bloques adheridos utilizadas en el modelo fueron dimensionadas a partir de aplicación de (1), resultando el peso por metro cuadrado aproximadamente igual a la mitad de una colchoneta reno o un cuarto de un enrocado, para la misma sollicitación de diseño.

El análisis de esta última etapa permitió interpretar mejor algunos de los coeficientes, surgiendo paralelamente la necesidad de continuar investigando sobre el tema, realizando ensayos en modelos físicos a escalas adecuadas, y recopilando información de prototipo, debido a que para este sistema, por ser relativamente nuevo, aún no existen datos suficientes o tareas de investigación que permitan ajustar mejor los coeficientes involucrados respecto al material.

Conclusiones

Las conclusiones obtenidas de los estudios descriptos pueden resumirse en las siguientes:

- La expresión de Pilarczyk para el cálculo de coberturas de protección de márgenes permite ser aplicada en una variedad de sistemas.
- Se deben analizar correctamente los coeficientes sugeridos, ya que las pueden resultar en espesores de protección con diferencias mayores al 20%.
- Se debe evaluar la aplicación de coeficientes de seguridad para salvar errores de interpretación de los coeficientes involucrados.
- Se recomienda seguir investigando sobre aspectos que permitan mejores definiciones de los coeficientes empleados en las fórmulas de diseño, y sobre algunas particularidades no demasiado desarrolladas en la bibliografía, pero que pueden ser importantes en la estabilidad del conjunto, tales como las velocidades por debajo de la cubierta protectora.

Referencias

- Brea, J.D., Loschacoff, S., Busquets, M., Pérez, F., Porri, P.** (2002). "Comportamiento de diferentes elementos de control de la erosión en márgenes fluviales." XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica. La Habana, Cuba.
- Colorado State University**, (1984). "Hydraulic Test to Develop Design Criteria for the use of reno mattresses."
- Hoffmans and Verheij**, (1997). "Scour Manual." Balkema, Rotterdam.
- Maccafferri Gabioes do Brasil**, (1981). "Revestimientos flexibles en los canales y cursos de agua canalizados."
- Pilarczyk, K.** (1998), "Dikes and Revetments, Design, Maintenance and Safety Assessment." Balkema, Rotterdam.

Pilarczyk, K. (2001) "Unificación of Stability Formulae for revetments".

Przedwojski, Blazejewski y Pilarczyk K.W. (1995). "River Training Techniques". Balkema, Rotterdam.

Van Rijn, L. (1993). "Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas." Acqua Publications.