

COLOCACION DE BLOQUES CÚBICOS Y ESTABILIDAD HIDRAULICA DEL MANTO PRINCIPAL

Maria P. Herrera¹, J. Molines¹, J.R. Medina¹

¹Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, 14, 46022 Valencia, mahergam@upv.es, jormollo@upv.es, jrmedina@upv.es

INTRODUCCIÓN

En general, la forma de colocación de elementos en el manto principal es un tema poco relevante en el caso de diques de escollera (la escollera concertada y los diques de escollera monocapa noruegos son excepciones). Con la aparición de los elementos prefabricados de hormigón (cubos y paralelepípedos) en el siglo XIX y sobre todo las piezas especiales del siglo XX (tetrápodos, dolos, etc.) surgen nuevos aspectos a considerar y la colocación de piezas pasa a ser un aspecto relevante en la construcción de muchos diques. Los elementos del manto, en el caso de los bloques cúbicos, pueden colocarse con una orientación prefijada (colocación regular) o sin ella (colocación aleatoria). El método de colocación está íntimamente relacionado con la porosidad del manto principal (ver Medina et al., 2014). La porosidad depende del modo en que son dispuestas las piezas del manto principal durante la construcción del dique, y de las distintas posiciones que adoptan a lo largo de su vida útil tras ser sometidas a la acción del oleaje. En consecuencia, porosidad y método de colocación son dos factores íntimamente ligados. Es relativamente sencillo definir un método de colocación y una porosidad deseada en laboratorio, donde los elementos del manto son dispuestos a mano con unas condiciones perfectas de visibilidad; sin embargo, no ocurre lo mismo a escala de prototipo, donde la acción del oleaje y la poca visibilidad dificultan su colocación. En los diques de bloques cúbicos, la porosidad del manto suele incrementarse por encima de los valores recomendados y el método de colocación es un factor crítico a considerar durante la fase de diseño.

Los bloques cúbicos o paralelepípedicos suelen colocarse en los diques convencionales sin una orientación prefijada (colocación aleatoria). Sin embargo, no es habitual cuantificar esa aleatoriedad ni en el prototipo ni a escala reducida, pudiendo resultar disposiciones de bloques no deseadas durante la construcción del dique. El presente estudio se centra en analizar la estabilidad hidráulica de los mantos bicapa de cubos cuando son colocados con una orientación prefijada (regular) comparados con la colocación aleatoria, para una porosidad dada. Aunque son muy pocos, existen diques de cubos con colocación uniforme, como es el caso de la defensa longitudinal de Maasvlakte 2, construido recientemente en Rotterdam (ver Loman et al., 2012).

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para cuantificar la influencia del tipo de colocación en la estabilidad hidráulica, se han realizado ensayos a escala reducida en el canal de oleaje y viento del Laboratorio de Puertos y Costas de la *Universitat Politècnica de València* (LPC-UPV), con una pendiente de fondo $m=1/10$. Se han ensayado dos modelos a escala con bloques cúbicos de $D_n(\text{cm})=3.97$ colocados de forma regular y aleatoria. Las secciones se corresponden con la de un dique rompeolas convencional no rebasable con talud $H/V=3/2$. En ambos casos, la porosidad del manto ha sido $p\%=42\%$ correspondiente a una densidad de colocación adimensional $\phi=2(1-p\%)=1.16$, similar al valor recomendado ($\phi=1.17$). En la Figura 1 puede observarse un esquema de la sección tipo ensayada, con una berma de pie de escollera con $D_{n50}(\text{cm})=5.17$ y una configuración estándar, $t_t = 2 \cdot D_{n50}$ and $B_t = 3 \cdot D_{n50}$.

Para cada modelo se han lanzado series de oleaje irregular con espectro JONSWAP ($\gamma=3.3$) y sistema de absorción activa para evitar multi-reflexiones (AWACS). Cada tanda de ensayos se ha caracterizado por un calado a pie de dique $h_s(\text{cm})= -2, 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18$ y 20 . En cada tanda se han barrido los siguientes periodos pico: $T_p(\text{s})=1.2, 1.5, 1.8, 2.2$ y 2.4 . Para cada periodo pico se ha variado la altura de ola desde valores que no

producían daño en el manto hasta alturas que provocaban la rotura de olas en la zona de generación, $8 < H_s(\text{cm}) < 22$. Las series de oleaje irregular tenían 500 olas y el modelo se ha reconstruido al final de cada tanda caracterizada por un calado a pie de dique (h_s); es decir, después de cada tanda compuesta por unos 40 ensayos (unas 20000 olas de diferentes peraltes).

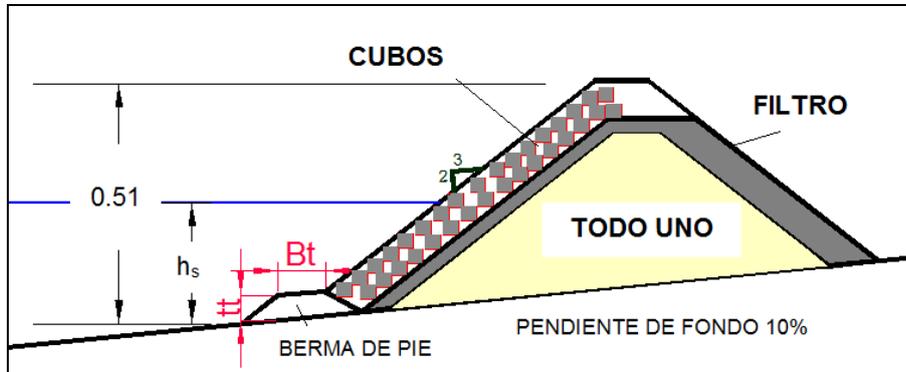


Figura 1. Sección del modelo ensayado (dimensiones en metros).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tras cada tanda de ensayos se ha cuantificado el daño del manto mediante el método de la Malla Virtual propuesto por Gómez-Martín y Medina (2014). Se han empleado redes neuronales artificiales para analizar la estabilidad del manto cuando los cubos son colocados de manera regular y aleatoria. Se trata de una técnica de inteligencia artificial ampliamente utilizada en diferentes campos de la ingeniería que permite detectar relaciones complejas entre variables. El análisis inicial de los datos señala que no existe diferencia significativa entre el daño observado para los cubos con colocación regular y los cubos con colocación aleatoria, si la porosidad es la misma $p\%=42\%$ y $\phi = 1.16$ (ver Figura 2).

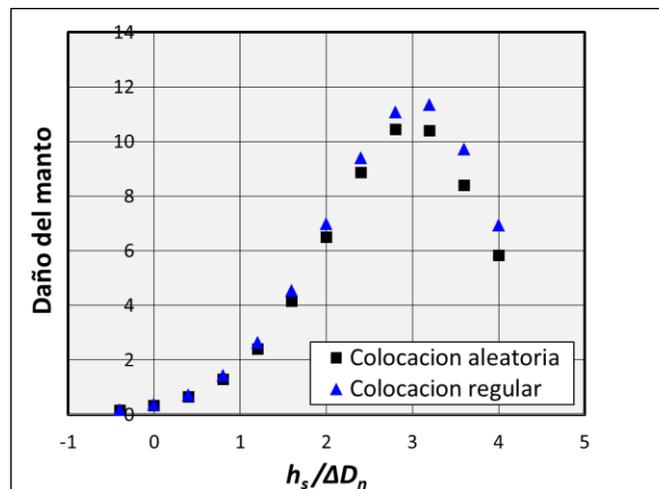


Figura 2. Daño del manto estimado por la Red Neuronal para colocación aleatoria y regular de cubos.

REFERENCIAS

- Gómez-Martín, M.E., and Medina, J.R. (2014). Heterogeneous packing and hydraulic stability of cube and Cubipod armor units. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, 140(1): 100-108.
- Loman, G.J.A., Hofland, B., Van Der Biezen, S.C., Poot, J.G. (2012). Integral design of hard sea defense of Maasvlakte 2 Part II: Physical model testing of cube revetment and reef. 4th Conference on the Application of Physical Modelling to port and Coastal Protection.
- Medina, J.R., Molines, J. and Gómez-Martín, M.E. (2014). Influence of armour porosity on the hydraulic stability of cube armour layers. *Ocean Engineering*, 88, 289-297.