

Modelado híbrido aplicado al estudio en laboratorio de la obra de protección de la carretera Cebú-Córdova (Filipinas)

Jaime, Francisco^a; Mendoza, Andrés^a; Tomás, Antonio^a; Lara, Javier L.^a; Álvarez, Álvaro^a; Díaz de Argote, José Ignacio^b y Troiteiro, Silvia^c

^aInstituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria - Avda. Isabel Torres, 15, Parque Científico y Tecnológico de Cantabria, 39011, Santander, España francisco.jaime@unican.es ; javier.lopez@unican.es , ^bAcciona. Avda. de Europa nº 20, 28108 Alcobendas (Madrid). jdiazargote@acciona.com y ^cSener.C/ Creu Casas i Sicart, 86-88 - Parc de l'Alba, 08290. Cerdanyola del Vallès (Barcelona). silvia.troiteiro@sener.es

1. Introducción

El modelado híbrido es un método de estudio que consiste en integrar en una nueva metodología, tanto los ensayos en modelo físico como los modelos numéricos de manera conjunta, para fortalecer la metodología tradicional de ensayos. Esta aproximación y su conceptualización, conocida como modelado híbrido (hybrid modelling o composite modelling) no es nueva (ver Lara et al., 2016), aunque su aplicación aún está en vías de desarrollo.

Los pilares básicos del modelado híbrido se basan en combinar lo mejor de las aproximaciones numéricas y experimentales para tener una concepción global de los problemas a estudiar y a analizar. El objetivo final es reducir los rangos de incertidumbre y aumentar la calidad de las predicciones, aumentando la efectividad a la hora de realizar los estudios. Esta eficiencia es debida a la mejora en la calidad de los resultados, el incremento en la precisión de las simulaciones determinadas y en la reducción de incertidumbres de cálculo. Además, el uso de estos sistemas permite abordar problemas complejos, evitando simplificaciones que empobrezcan o limiten los resultados.

En este trabajo, se presenta una metodología de modelado híbrido numérico-físico que trata de utilizar los modelos numéricos de manera conjunta con los modelos físicos en laboratorio con la finalidad de reducir costes y tiempo en la fase de prediseño de los ensayos de laboratorio. Así, en el ejemplo de aplicación, se han obtenido de manera fiable unas condiciones de oleaje de diseño a pie de obra en laboratorio utilizando una batimetría simplificada, económica y rápida de construir. Esta metodología de trabajo ha sido aplicada a los ensayos de laboratorio del proyecto de construcción de la autovía de enlace Cebú-Cordova (CCLEX) que se está llevando a cabo en Filipinas.

2. Desarrollo

Cuando se pretenden llevar a cabo unos ensayos de laboratorio para hacer un análisis de funcionalidad y estabilidad de una determinada estructura costera es importante ser capaces de identificar y aplicar correctamente las condiciones de oleaje de diseño que nos permitan llevar a cabo el estudio de manera fiable y realista. El oleaje que alcanza la estructura proveniente de aguas profundas se ve sometido a importantes cambios en su propagación hacia la costa. Gran parte de estos cambios vienen directamente influenciados por la batimetría local sobre la cual se propaga el oleaje.

Replicar en el laboratorio una batimetría totalmente fiel a la realidad es un aspecto costoso y que en algunas campañas de ensayos puede convertirse en el principal gasto económico a la hora de realizar el modelo físico. Esto es debido a que el proceso constructivo de una batimetría es un proceso altamente artesanal que requiere de mano de obra especializada y por lo general de grandes volúmenes de trabajo.

Aquí se aplica una metodología de modelado híbrido a un análisis 2D de laboratorio para verificar la estabilidad y la funcionalidad del dique de protección de la carretera que Acciona está diseñando para unir las localidades de Cebu y de Cordova en Filipinas. Esta metodología permite mediante la construcción en laboratorio de una batimetría simplificada formada por una rampa uniforme, alcanzar los niveles de exigencia y calidad requeridos por este tipo de estudio.

La metodología propuesta para la correcta caracterización del oleaje en la localización de la sección de estudio del dique (punto 2 de la figura 1) se basa en un método de modelado híbrido que utiliza los datos de clima marítimo de los estudios de tifones y tsunamis llevados a cabo previamente por IHCantabria bajo el encargo de Sener. Estos datos fueron analizados con el fin de proponer los estados de mar de diseño en una zona cercana a la sección de estudio (punto 1, a unos 300 metros del pie de la estructura). Una vez analizada la batimetría de la zona, se realizaron unas simulaciones numéricas 2D mediante el modelo IH2VOF (ih2vof.ihcantabria.com), desarrollado en IHCantabria. Estas simulaciones permitieron

obtener las condiciones reales de oleaje al pie de la estructura, en el punto 2, ya que es un modelo que tiene en cuenta los procesos naturales de propagación del oleaje tales como refracción, asomeramiento, reflexión, rotura y la interacción no lineal que se produce entre olas. Además, ya que un gran porcentaje de las olas llegan rotas al pie de la estructura se produce la liberación de la onda larga infragravitatoria ligada al grupo que produce una sobre elevación del nivel del mar al pie de la estructura. Este proceso es adecuadamente simulado por el modelo IH2VOF.

Con el modelo numérico también se obtuvieron las condiciones de oleaje en la localización teórica de la pala de generación en el perfil de estudio para la escala propuesta. Con ello, se conoce el oleaje que debería ser generado en laboratorio si la batimetría fuera una réplica de la real, pero como se ha dicho anteriormente, es una aproximación simple de la realidad; por lo tanto habrá que realizar una calibración previa a la ejecución de los ensayos

En este estudio se planteó una escala de laboratorio 1:5, por lo que son ensayos de gran escala, bastante poco usuales para este tipo de estudio. Gracias a las simulaciones numéricas, a su vez, se pudo hacer una verificación previa del dimensionamiento de la estructura en el canal de ensayos.

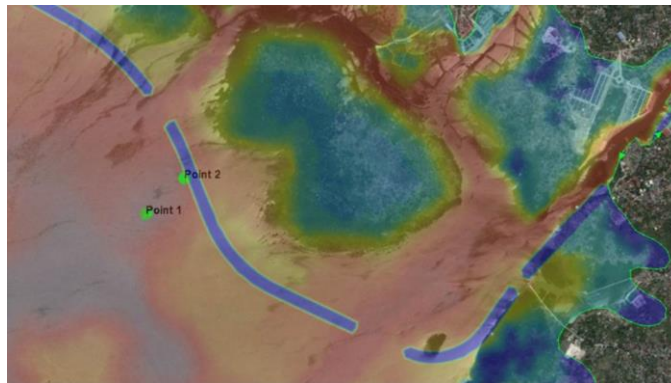


Fig. 1. Ubicación de los puntos de análisis. El punto 1, clima marítimo y punto 2, pie de la obra de la sección de estudio.

La calibración de olas en laboratorio es un procedimiento iterativo, que en este proyecto se realizó comparando los parámetros del estado del mar del modelo numérico a pie de la estructura (H_{m0} , altura de ola de orden cero) con los valores de cada ensayo de calibración en el canal. Los ensayos de calibración se realizan con el canal de ensayos vacío, sin estructura, sólo con la batimetría aproximada construida y una playa de disipación al final del canal. Esto permite analizar el oleaje sin la influencia de la reflexión producida por la estructura. El primer ensayo de calibración en el laboratorio se realiza ajustando como señal de comando en el generador de olas, el valor teórico dado por el modelo numérico en la posición de la pala de generación.

Una vez que un estado de mar se considera calibrado, se registra la señal para generar las condiciones de oleaje en los ensayos del modelo físico una vez construido la estructura a escala. Con esto, se asegura que el ensayo se ejecuta bajo unas condiciones de oleaje de diseño fiables.

3. Conclusiones

Se ha desarrollado una metodología de modelo híbrido que permite reducir costes y tiempos de ejecución de manera fiable y adecuada a ensayos de laboratorio y reduciendo las incertidumbres asociadas a los procesos de modelización.

Esta metodología ha sido aplicada con éxito a un caso real de estudio para la verificación del diseño del dique de protección de la autovía de enlace Cebú-Cordova (CCLEX) que se está construyendo en Filipinas.

Agradecimientos

Se agradece a Sener y a Acciona Construcción el apoyo y la cesión de los datos del estudio para la realización del presente estudio.

Referencias

LARA, J.L. LOSADA, I.J., MAZA, M. y JAIME, F.F. (2016). "Hybrid/composite modelling: combined physical-numerical modelling". En *6th International Short Course and Conference on Applied Coastal Research. Florence*.

IHCANTABRIA. Modelo IH2VOF. < ih2vof.ihcantabria.com >