

ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LOS COEFICIENTES DE REFLEXIÓN PRODUCIDOS POR EFECTOS DEL OLAJE DE MAR DE FONDO

°M. en I. Dora Luz Ávila Arzani,
°M. en C. Adriana Guadalupe Porres López
e-mail: davila@imt.mx, aporres@imt.mx

Resumen

El presente artículo muestra los resultados experimentales del análisis de los coeficientes de reflexión de una estructura de protección portuaria. El objetivo del presente análisis experimental es el determinar los valores de los coeficientes de reflexión para diferentes espectros de oleaje con las condiciones de mar de fondo registradas en un evento extraordinario real.

El estudio en modelo hidráulico se realizó en un canal de olas con dimensiones 50 m de longitud, 1.20 m de profundidad y 0.60 m de ancho del Laboratorio de Hidráulica Marítima del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), con las características de oleaje medidas durante el efecto de mar de fondo ocurrido del 4 al 7 de julio del 2014 en las costas de Guerrero, México, mismas que corresponden a alturas de ola que fluctúan de 1.5 m a 3.1 m, con períodos de oleaje entre 15 y 20 seg.

La estimación de los coeficientes de reflexión no es posible realizarla mediante análisis teóricos debido al rompimiento parcial del oleaje que origina la estructura y que se asocia al fenómeno de la reflexión, por lo que resulta necesario realizar experimentos en modelos hidráulicos para disponer de mediciones de dichos coeficientes.

Antecedentes

El fenómeno de mar de fondo es identificado por la propagación del oleaje fuera de la zona de generación y que se transmite a largas distancias, se presenta principalmente en las costas del Pacífico. La información que se analizó para éste caso, corresponde a las costas de Guerrero, en la cual se presentaron problemas de socavación de algunas estructuras de protección portuaria.

El oleaje reflejado por una estructura causa incremento en la agitación frente a ella, la cual se propaga provocando socavación o erosión, lo que hace necesario realizar estudios que permitan disminuir la reflexión del oleaje.

Para realizar el análisis de los efectos de dicho fenómeno, se utilizó información de oleaje registrada por la boya direccional instalada por el IMT y los niveles del mar empleados en el estudio fueron los registrados con la estación mareográfica de la Red Nacional de Estaciones Oceanográficas y Meteorológicas (RENEOM) del IMT.

La definición de las características del mar de fondo se tomó del registro de la boya direccional medidora de oleaje del período del 4 al 7 de julio de 2014, de la cual se muestra en la serie de tiempo de la Fig. 1.

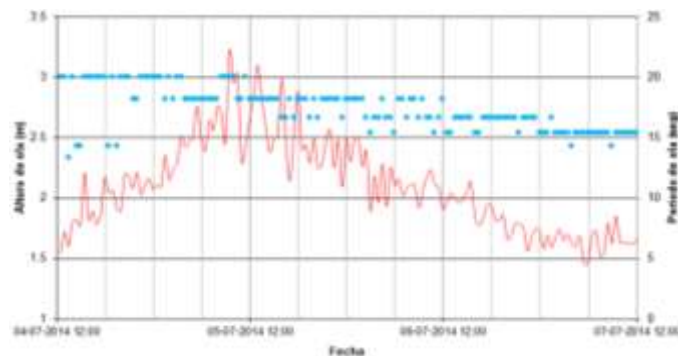


Fig. 1. Serie de tiempo de las alturas y periodos del oleaje de mar de fondo (IMT, 2017)

De dichas series de tiempo se seleccionaron las alturas de ola representativas del fenómeno en la zona costera, ver Tabla 1.

Tabla 1. Periodos y alturas representativos del mar de fondo para la zona de estudio.

DIRECCIÓN	Altura de ola (m)	Período de ola (s)
S 28.1° O	2.21	20.00
S 18.3° O	2.51	20.00
S 21.1° O	3.22	20.00
S 21.1° O	3.10	18.18
S 18.3° O	2.98	16.67
S 19.7° O	2.88	18.10
S 18.3° O	2.56	18.18

El coeficiente de reflexión (K_r), se entiende como la estimación de la propagación del oleaje reflejado, y se define como la relación del oleaje reflejado H_r y el oleaje incidente H_i , como se muestra en la expresión (1):

$$K_r = H_r / H_i \quad (1)$$

La determinación de la sobreelevación por marea de tormenta se calculó de acuerdo al criterio propuesto por el Shore Protection Manual, la cual corresponde a 1.66 m respecto al N. B. M. I.

Proyecto de análisis en modelo hidráulico

La medición experimental de la reflexión del oleaje se realizó a escala 1:30 conforme a la ley de similitud de Froude, considerando las características del equipo de generación de oleaje, las dimensiones y la pendiente del canal de olas del Laboratorio de Hidráulica Marítima del IMT.

La medición de las alturas de ola en el modelo hidráulico se realizó con sensores de oleaje tipo capacitivo de ± 5 volts de resolución, considerando el oleaje senoidal representado en la Fig. 2, el cuál de acuerdo con el comportamiento de la función descrita se define como K en la expresión (2):

$$K = 2\pi / L \quad (2)$$

El intervalo de separación de los sensores, se puede expresar como (3) y (4):

$$\text{Límite superior (f máx.): } \frac{\Delta l}{L_{\min}} \approx 0.43 \quad (3);$$

$$\text{Límite inferior (f min): } \frac{\Delta l}{L_{\max}} \approx 0.05 \quad (4)$$

Donde L_{\min} y L_{\max} denotan las longitudes de ola correspondientes a los límites superiores e inferior del rango de frecuencia efectiva del oleaje.

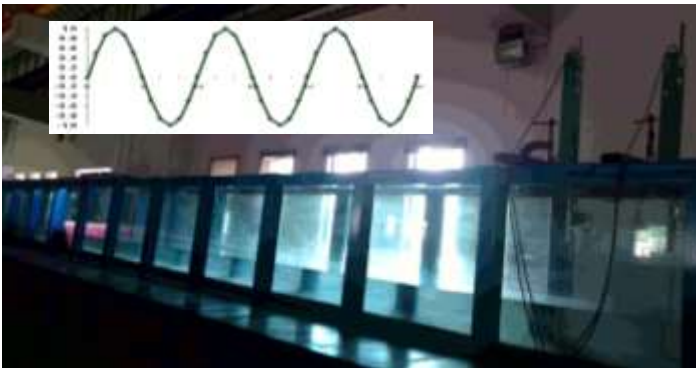


Fig. 2. Sensores que miden el oleaje senoidal en el modelo hidráulico.

La estructura de protección construida en modelo hidráulico, se realizó simulando una protección marginal a base de una pared vertical empotrada en roca, ensayada a escala 1:30, para diferentes condiciones de oleaje, con periodos de oleaje normal, y periodos de mar de fondo de 15 y 20 segundos, y alturas de ola de 1.5 a 3.5 m.

Los ensayos se realizaron con tres diferentes espectros de oleaje: Bretshneider-Mitsuyasu, Jonswap y 5 parámetros, que permite analizar y medir el oleaje producido por el equipo de generación del IMT.

Análisis de los coeficientes de reflexión

Como resultado de los ensayos realizados en modelo hidráulico, para periodos de 5, 7.5, 10, 12.5, 15 y 20 segundos y para alturas de ola de 1.50 m a 3.50 m con espectro de oleaje tipo Bretschneider-Mitsuyasu, de estos ensayos se determinó la distribución que se muestran en la Fig. 3.

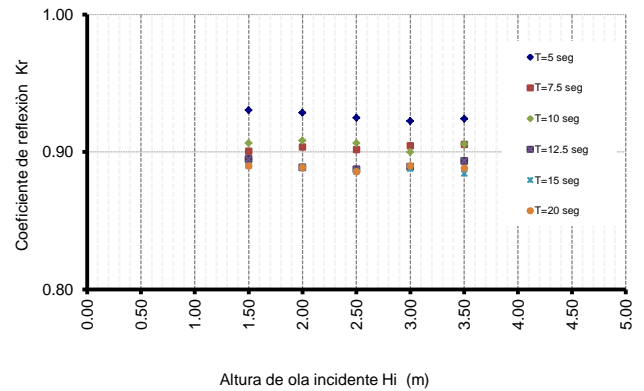


Fig. 3. Distribución de alturas de ola significantes contra coeficientes de reflexión para diferentes periodos.

La distribución de los resultados de los ensayos realizados en modelo hidráulico con diferentes espectros de oleaje, para condiciones de mar de fondo, con periodos de 15 y 20 seg, se indican en la Fig. 4, donde se muestran alturas de ola en relación a los coeficientes de reflexión.

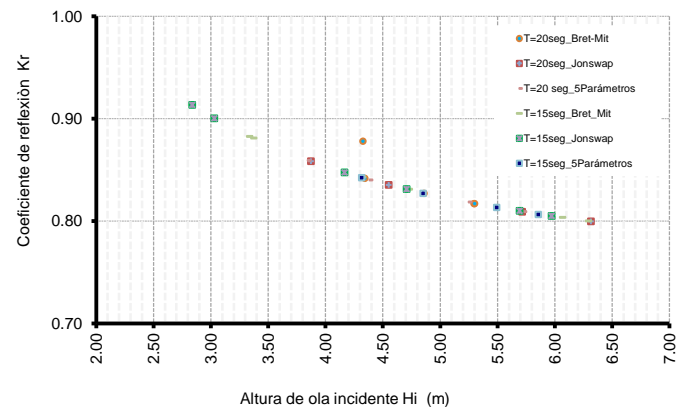


Fig. 4. Distribución de alturas de ola significantes por coeficientes de reflexión para diferentes tipos de espectros.

El análisis de los resultados se indica que los periodos más pequeños ($T = 5$ s) presentan coeficientes de reflexión mayores ($K_r \approx 0.94$), y los periodos de condición de mar de fondo ($T = 15$ s y $T = 20$ s) presentan coeficientes cuyos valores de K_r están entre 0.88 y 0.89.

En la Fig.5 se muestra la distribución de periodos de oleaje obtenidos al comparar las alturas de ola medidas, contra los coeficientes de reflexión resultados.

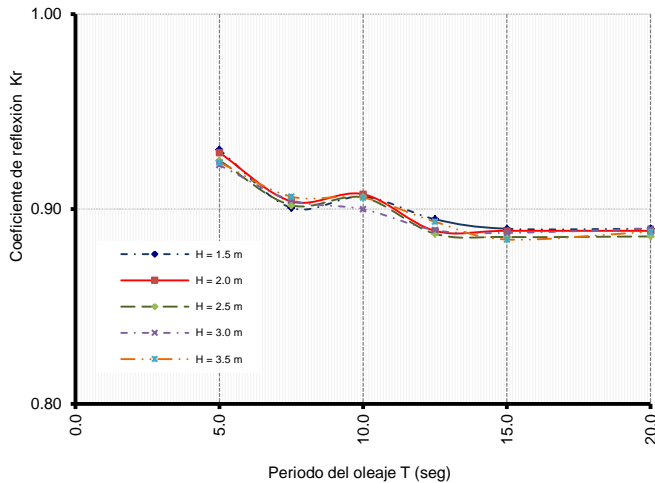


Fig. 5. Distribución de periodos de oleaje contra coeficientes de reflexión para diferentes alturas de ola.

Conclusiones

Las características del oleaje retomadas para la realización del presente análisis para la estimación de coeficientes de reflexión a través de un modelo hidráulico corresponden a un evento de mar de fondo ocurrido en el periodo del 4 al 7 de julio de 2014 en las costas de Guerrero, México.

Derivado de la experimentación se observa que la relación entre los coeficientes de reflexión del oleaje que se presentan sobre la protección marginal y la altura de ola incidente, presenta un comportamiento tal que, para los periodos (T) del orden de 5 a 10 segundos, alcanzan valores de coeficientes reflexión (K_r) del orden de 0.90 a 0.94, mientras que para periodos de mar de fondo (15 y 20 segundos) los valores de los coeficientes de reflexión son del orden de 0.88 y 0.89.

La relación entre los coeficientes de reflexión medidos para condiciones de mar de fondo, presentan una mayor correlación que los medidos para periodos de 5 a 10 seg.

Cuando los valores de los coeficientes de reflexión del oleaje dentro de los puertos es igual o mayor que uno, genera mayor agitación y oleajes indeseables que pueden llegar a causar estragos en las estructuras de protección, por ello es recomendable que cuando este fenómeno se presenta, se analice la alternativa de realizar estructuras de protección que mitiguen de manera eficiente la energía del oleaje generada por dicha reflexión.

Referencias bibliográficas

- 1.- **SCT, IMT (2017).** "Proyecto No. VE-05/17: Estudio en modelo hidráulico y numérico para definir el proyecto ejecutivo de la protección marginal en la Isla Caletilla en Acapulco, Gro." Coordinación de Ingeniería Portuaria y Costera del Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro.
- 2.- **Goda, Y., (1970).** "A synthesis of breaking indices". Trans. Japan Soc. Civil Engineering. 2, Part. 2.
- 3.- **Goda, Y., (1975).** "Irregular wave deformation in the surf zone". Coastal Engineering.
- 4.- **Mitsui Engineering and Shipbuilding Co, Ltd. (1991).** "Specifications of wave generation and analysis software (for wave channel)". Irregular wave: function type".