

7. Conclusiones

7.1. Sobre calibración con playa disipativa

- Referente a altura y el periodos del oleaje generado

En los ensayos con periodo inferior a 5 segundos las diferencias entre la altura de ola pedida y generada oscilan entre el -12% y el 5%. La medición de los periodos es la más fiable, ya que su resultado diverge entre un -0,1% y un 0,3% del pedido. A medida que los periodos aumentan, y sobretodo a partir de los 6 segundos, los errores en las alturas de ola generados aumentan hasta un -40%, así como el error en sus periodos. Esto es debido al hecho de trabajar con oleajes muy pequeños (de centímetros), que están muy por debajo de la capacidad máxima del canal CIEM. De todos modos, aunque se hayan realizado ensayos con periodos que oscilan desde los 2 hasta los 8 segundos, solamente los ensayos con periodos bajos son los que realmente representan la situación que representará la destrucción del dique.

Se pueden conseguir mejores resultados modificando la función de transferencia buscando coeficientes de ajuste para cada periodo, y para cada condición de trabajo en el canal (calado de agua, perfil existente en el fondo). Lo cual significa un trabajo extra que quizás no compense el esfuerzo. De todos modos, una solución simple y específica para las condiciones de trabajo del convenio seria aumentar el voltaje de transmisión del actuador, de modo que las olas generadas fueran un 5% mayores.

Aún así, esto no es ningún inconveniente grave, ya que se suele trabajar con los valores medidos, no los teóricos.

- Referente a la carrera de la pala generada

Aunque en algunos casos la altura de ola medida ha sido superior a la pedida, en general han sido inferiores. La carrera de la pala ha sido como media un 3% inferior a la pedida, pero se ha comprobado que esto solo representaría una disminución de la amplitud de ola generada de 3 milímetros. Por tanto, errores pequeños en el desplazamiento de la pala prácticamente no afectan a la ola producida.

- Referente al a repetitividad de los ensayos

Se ha podido observar que los ensayos son bastante representativos, y que el hecho de repetir un mismo ensayo varias veces puede hacer variar el resultado final en solo un 2%. De todos modos, si se produce largos intervalos de tiempo

entre las repeticiones, los resultados pueden variar hasta un 4%. Esto es debido a variaciones en las instalaciones o en el medio, tales como la conductividad del agua o las variación de temperatura del aceite del actuador.

- Referente a la precisión de los sensores

La precisión de los sensores ha sido muy buena. Por este motivo las posibles carencias de precisión han sido ocultadas tras otros errores más significativos como los producidos por las olas parcialmente estacionarias.

- Referente a la reflexión producida en la playa disipativa durante los ensayos

La reflexión obtenida en playa disipativa es en general relativamente baja, y en consonancia con lo esperado teóricamente, siempre por debajo del 10% y como media entorno al 5%.

Por otro lado se ha observado una mayor variabilidad del cálculo de la reflexión en los sensores cercanos a la pala, que en los alejados. Se ha comprobado que cerca de la pala se generan ondas que se disipan a medida que se alejan del actuador. De este modo, la reflexión de la playa disipativa queda mejor representada por los sensores WG5, WG6 y WG7.

Por otro lado, se ha observado un aumento de la reflexión para periodos superiores a los 6 segundos. Esto es debido a que la playa disipativa se calculó para periodos relativamente bajos ($T < 3$ segundos.) Además, los oleajes con periodos altos poseen alturas de ola muy pequeñas, que están por debajo de la capacidad óptima de trabajo del canal CIEM.

- Referente a la resonancia en condiciones de playa disipativa

El estudio de la resonancia destaca por su fiabilidad. Los resultados teóricos han coincidido con los medidos, y se ha demostrado que no han aparecido problemas de resonancia. Pero figuras como la 5.39 ponen de relieve la presencia de oleajes parcialmente estacionarios, que pueden provocar diferencias pequeñas entre las mediciones de la altura de ola total. De hecho, para un grupo de sensores de superficie separados solamente 1 o 2 metros se han llegado a producir diferencias en sus mediciones de hasta un 10% para un mismo oleaje; si bien la media oscila en el 5%.

- Referente a la regularidad de los registros de superficie libre (forma de la ola)

Aunque la generación utilizada es de primer orden (lineal), el oleaje generado dista de obtener una forma sinusoidal perfecta. Los oleajes producidos con

carreras largas ($2e/h > 0,3$) sienten la fricción del fondo del canal. Entonces se genera una elevación de la ola por encima del nivel medio y se agudiza la cresta. En este caso, la teoría de Stokes representa la superficie libre de este oleaje de manera más eficaz.

El canal CIEM ha sido diseñado para generar oleajes de mayor amplitud que las que se han generado durante la calibración. Las características del oleaje obligaban a trabajar al actuador con carreras por debajo del 40% de la máxima posible. De hecho, la pala ha funcionado mejor en los ensayos con amplitud de ola mayor.

De todos modos, la respuesta de la instalación bajo las condiciones establecidas por el convenio y para las alturas de ola y periodos representativos de los ensayos con dique ha sido buena.

7.2. Sobre calibración con dique

- Referente a la altura de ola generada y a la altura de ola incidente real

Las diferencias entre la altura de ola teórica que se quería generar y la medida en frente de la pala oscilan entre un -4% y un -10%. Estos son valores similares a los predichos en los ensayos con playa disipativa, que predecían alturas de ola inferiores a las solicitadas. Por otro lado, los periodos también han sido entre 0,02 y 0,15 segundos inferiores a los pedidos.

La combinación de los errores anteriores ha provocado que se compensen a la hora de obtener el número de Iribarren. De hecho, la diferencia entre los valores pedidos (teóricos) y los realmente generados en el canal CIEM están comprendidos entre el -5% y el 5%.

Cabe recordar que la estabilidad del dique se hace referente al número de Iribarren. Por tanto es importante que el error entre el número de Iribarren pedido y medido sea pequeño. Aún así, los resultados finales de un ensayo siempre se basan en los medidos y no en los solicitados.

Pueden conseguirse mejores resultados modificando la función de transferencia buscando coeficientes de ajuste para cada frecuencia o periodo de trabajo, y para cada condición de trabajo en el canal (calado de agua, perfil existente en el fondo). Lo cual significa de nuevo un trabajo extra que posiblemente no compense el esfuerzo. Como se ha comentado previamente, una solución simple y específica para las condiciones de trabajo del convenio sería aumentar el voltaje de transmisión del actuador, de modo que las olas generadas fueran un 5% mayores. Por otro lado, podría efectuarse un control de los periodos de oleaje generados por tal de corregirlos rápidamente.

De todos modos cabe señalar que en conjunto la respuesta del equipo de generación ha sido buena.

- Referente al cálculo de la reflexión

La conclusión a la que se llega al calcular la reflexión mediante diferentes métodos es que es un parámetro muy difícil de medir con precisión y sin error. Los resultados no solo varían dependiendo del método de cálculo, sino también de los sensores utilizados, o de la zona del registro que se analice. De hecho, incluso varía a lo largo del tiempo, aunque el dique haya permanecido inalterado.

Otro serio problema que presentan los métodos de cálculo utilizados es que obvian las características limitantes de un canal. Se considera que se superponen dos oleajes lineales, uno incidente y otro reflejado. Pero la realidad es mucho más compleja. Por un lado debido a efectos de no linealidad; y por otro debido a que el tren que refleja en el dique, refleja más tarde en la pala y se dirige al dique de nuevo. Con lo que finalmente la medición de los sensores es la superposición de varios trenes. Aunque se ha intentado considerar este efecto mediante un recorte del registro, el resultado final no ha sido satisfactorio, y se ha desaconsejado su práctica.

Para poder analizar la fiabilidad de los métodos, se han comparado la altura de ola incidente calculada con la real medida directamente. Se han considerado también valores medios y anomalías en los resultados de los cálculos, además de las limitaciones de cada una de las teorías y de sus aplicaciones.

A partir de la información expuesta, los métodos que se consideran más fiables son el de Mansard y Funke y el de Hughes. El método de Mansard y Funke utiliza más sensores y permite “filtrar” los errores; y el método de Hughes ofrece la ventaja de no verse afectado por oleaje parcialmente estacionario

Sin embargo, el método de Hughes obtiene valores de reflexión levemente superiores y valores de altura de ola incidente menores al real. Por este motivo, se piensa que los valores obtenidos con Mansard-Funke se acercan más al valor del coeficiente de reflexión total.

De todos modos, la utilización del método de Goda se considera favorable en el caso de que se prueben diferentes combinaciones, y se tome como valor de la reflexión la media de todas ellas. De este modo se estaría obrando de modo parecido al método de Mansard y Funke.

Por último se recomienda la utilización de los sensores alejados de la pala (WG5, WG6 y WG7). Se ha comprobado que cerca de la pala se generan ondas que se disipan a medida que se alejan de ésta. Por este motivo, la reflexión queda mejor representada mediante los datos proporcionados por los sensores WG5, WG6 y WG7 que con los sensores WG0, WG1 y WG2, alejados solamente unos 10 metros del actuador.

- Referente al cálculo de la resonancia

Se puede concluir que la resonancia, en contraposición con la reflexión, es un efecto relativamente fácil de predecir y de calcular. Y partir de los datos expuestos en esta tesina, no se esperan problemas de ondas largas tanto en sentido longitudinal como transversal.

Lo que si puede presentarse son problemas en el cálculo de la reflexión ante la presencia de olas parcialmente estacionarias, que afectarán la colocación correcta de los sensores. En el estudio de resonancia con playa disipativa tenemos un ejemplo significativo. Lo encontramos en la figura 5.39, en donde se puede observar que el sensor WG7 registra amplitudes mayores que el sensor WG5, y el WG5 mayores que WG6. Este fenómeno es el típicamente producido por una ola estacionara, o parcialmente estacionaria.

Estos oleajes parcialmente estacionarios con periodos pequeños no suelen ser muy importantes. De todos modos pueden generar errores, sobretudo en el cálculo de la reflexión, y aunque sean difíciles detectarlos, es importante saber de su existencia.