

Resistencia Hidrodinámica de los Buques

Ing. Jacinto GARRIDO, Comisión del Canal de Panamá

Entre muchos problemas en el diseño de un barco nuevo está la necesidad de asegurar, entre otros requisitos, la forma del casco y el arreglo de propulsión; es en el sentido hidrodinámico el tema más importante. Las pruebas de mar al final de la construcción serán las que tendrán la última palabra al respecto. Si el buque sea cual sea su conducta en el mar se moverá a la velocidad exigida por el armador con el mínimo de potencia al eje y la combinación de baja resistencia y alta eficiencia propulsiva. En general esto sólo puede ser obtenido a través de la interacción casco-hélice.

Otro factor que influye en el diseño hidrodinámico de un barco es la necesidad no solo de un buen funcionamiento en mar en calma, sino también que bajo sus condiciones de servicio promedio en el mar la nave no sufrirá movimiento excesivo, humedad en las cubiertas, o más pérdida de velocidad que la necesaria en mal tiempo. El efecto del clima es soportado por las provisiones del margen de potencia que está por encima de las exigencias de potencia en mar en calma, esta tolerancia depende del tipo de nave y el clima promedio en la ruta comercial naval en la que esté operando. El clima es alcanzado con investigaciones oceanográficas, las cuales en lo posible, especifican los diferentes estados del mar para diferentes rutas y por reproducciones en canales de pruebas hidrodinámicas para determinar el funcionamiento relativo de los diferentes modelos a escala de los distintos tipos de cascos bajo condiciones lo más reales posible.

La resistencia hidrodinámica de un buque puede ser determinada a través de diferentes componentes y estados que en suma pueden representar modelos teóricos y empíricos que pueden llegar a predecir la potencia necesaria mínima para vencer la resistencia total máxima a las condiciones óptimas de carga.

La potencia exigida por la propela del barco a través del agua depende de : la resistencia ofrecida por el agua y el aire, la eficiencia de la unidad propulsora adoptada, y, la interacción entre éstos.

La resistencia total de un barco moviéndose en una superficie de aguas tranquilas tiene un número de componentes, es decir, resistencia por olas, resistencia friccional, resistencia por remolinos, resistencia por el aire, y, resistencia por apéndices.

La resistencia por olas sobre una superficie de agua sin turbulencias produce un sistema por olas. Allí hay tres tipos de olas generalmente formadas que son nombradas olas divergentes de proa, olas divergentes de popa y olas transversales. El sistema de olas levantando por el campo de presión alrededor del buque y la energía poseída por éstas de la nave. La transferencia de energía presentadas por ellas mismas como una fuerza opuesta al movimiento hacia adelante. Esta fuerza es la resistencia por olas.

La resistencia friccional cuando un cuerpo se mueve a través de un fluido el cual por otro lado está en reposo, una capa delgada del fluido se adhiere a la superficie del cuerpo y no tiene velocidad relativa a l cuerpo. En alguna distancia del cuerpo el fluido permanece en reposo. La variación de velocidad del fluido es rápido; pegado al cuerpo pero se reduce con incrementos de distancia al cuerpo. Esta región donde el cambio rápido en velocidad es término de la capa limite. Se acostumbra definir el

grosor en el cual se incrementa de proa a popa, como la distancia de la superficie del cuerpo en el cual la velocidad del fluido es en uno por ciento de la velocidad del cuerpo. La experiencia con diferentes cuerpos señala que éste es una parte de la resistencia friccional.

En la resistencia por forma, las partículas de agua que se mueven detrás del buque en sus líneas de flujo no pueden siempre seguir exactamente la forma precisa del buque. La presión que actúa en la popa es reducida, así que allí se levanta una fuerza resultante opuesta al movimiento hacia adelante.

En la resistencia por remolinos, cuando el flujo es quebrantado un volumen de agua es formado en el cual las partículas de agua se revuelven en remolinos. La energía de este movimiento es desperdiciada y puede ser tratado como un incremento en resistencia.

La resistencia por aire, es debido a que el aire es un fluido y como tal resiste el paso de las porciones expuestas del barco a través de éste. Este tipo de resistencia tiene ambos componentes friccional y por remolinos. A la velocidad de diseño del buque en condiciones en la cual no hay corrientes de aire, esta resistencia es estimada en alrededor de dos a cuatro por ciento de la resistencia total del agua. En climas severos la resistencia del aire puede contribuir apreciablemente a la pérdida de potencia y velocidad del barco.

La resistencia por apéndice puede ser estimada por timones, arbotantes, bocinas, quillas de balance, quillas estabilizadoras, ecosondas, etc. Esta resistencia es generalmente pequeña, en el orden del diez por ciento de todo el casco.

En estudios de resistencia hidrodinámicas de los buques se acostumbra agrupar a la resistencia por olas, formas, remolinos y por aire en un solo componente llamado resistencia residual.

Así que la resistencia total es dada por:

$$R_t = R_r + R_f$$

Donde: R_r = resistencia residual y R_f = resistencia friccional.

Experimentos han presentado que la resistencia friccional entre el casco del buque y el agua, depende del AREA de la superficie, la velocidad del barco y el grado de aspereza del casco. Experimentos indican que tal resistencia no es directamente proporcional a la eslora, sino a la longitud de la superficie, es decir que, la resistencia friccional se puede expresar por unidad de longitud.

Fue el Sr. William Froude quien tuvo la idea de dividir la resistencia total en resistencia residual y resistencia friccional de una placa equivalente. Por los patrones de ola creado por formas geoméricamente similares a diferentes velocidades, Froude encontró que los patrones a parecidos eran geoméricamente idénticos cuando los modelos se movían a velocidades proporcionales a la raíz cuadrada de sus esloras. Esta velocidad es conocida como velocidad correspondiente. Esta investigación lo llevó a establecer la Ley de Comparación de Froude la cual puede ser resumida como:

"Si dos cuerpos de formas geoméricamente similares (dos buques o un barco y su modelo) son corridos a velocidades proporcionales a la raíz cuadrada de sus esloras (velocidades

correspondientes) entonces sus resistencias residuales por unidad de desplazamiento será la misma".

Esta es una importante ley la cual hace posible estimar la resistencia residual de un buque a partir de un modelo a escala con las mismas formas.

El tanque de Froude construido por 1871 fue en todo caso una larga trocha de 76 metros de longitud, con un ancho de 2 metros en el fondo y 8 metros en la superficie. La profundidad era de 3 metros. Este tanque fue el primer canal de pruebas hidrodinámicas en el mundo que ha sido imitado en muchos lugares de la tierra, todos contribuyendo en mayor o menor grado a la resolución de nuevos problemas los cuales se han desarrollado por años.

Modernos tanques de pruebas han sido desarrollados para medir las resistencias de los modelos pero básicamente son muy similares al primero construido por el Sr. Froude. Con respecto a

los modelos, éstos varían en sus esloras que puede estar entre los 4 y 9 metros. En el Reino Unido, estos modelos son desarrollados a partir de cera, en vista que este material es de fácil tallado, siendo así, que una vez terminadas las pruebas estos son derretidos y el material vuelve a usarse.

En otros escritos trataré de explicar la forma cómo se presentan y toman los datos para los cálculos de resistencias hidrodinámicas en los cascos de los buques.

Referencias

1. Munro-Smith, A.; Ships and Naval Architecture; Ed. The Institute of Marine Engineers, Londres, 1973
2. Comstock, J.P.; Principles of Naval Architecture; Ed. Society of Naval Architects and Marine Engineering, U.S.A.
3. Van Manem, J.D.; Fundamentals of Ship Resistance and Propulsion; Ed. International Shipbuilding Progress, Rotterdam, Países Bajos.

ANÁLISIS DEL EFECTO DE LAS CONDICIONES DE FRONTERA EN LA RESPUESTA DINÁMICA DE PLACAS ANISOTRÓPICAS

Ing. Benigno VARGAS G., Decano de la F.I.M., U.T.P.

Ing. Carlos R. PLAZAOLA L. Profesor Asesor, Panama Canal College.

Extracto General

La respuesta dinámica de placas anisotrópicas e isotrópicas con diferentes condiciones de frontera y sujetas a cargas de impulso fue investigado. Para realizar este análisis se inicia partiendo de las ecuaciones de movimiento presentadas por J. M. Whitney, para la solución de estas ecuaciones se utilizó el Método de Levy.

El estudio incluye un análisis de vibración libre y forzado tanto para placas anisotrópicas (ortotrópica) como isotrópicas, tomando en cuenta el efecto de las condiciones de frontera.

La solución para el problema dinámico de dos pulsos fue obtenida. Se utilizaron dos tipos de carga impulsiva, modeladas mediante pulsos de forma senoidal y escalón.

Introducción

Desde las publicaciones de Euler [1], Lagrange, Navier, Kirchhoff [2] y Levy [3], se ha dedicado gran esfuerzo a las investigaciones de las características dinámicas de placas en diferentes configuraciones, geometrías, condiciones de frontera y otras variantes. Sin embargo, con el desarrollo de nuevos materiales estructurales, como plásticos, materiales compuestos reforzados con fibras y su incremento en aplicaciones en componentes estructurales, se hacen necesarias más investigaciones en este campo.

Las teorías de placas compuestas laminadas delgadas han sido establecidas por Lekhnitskii [4], Reissner y Stavsky [5], Dong, Pister y Taylor [6] y Stavsky [7]. Detalles de estos trabajos, incluyendo la solución para muchos problemas de fronteras pueden ser encontrados en los trabajos de J.E. Ashton y J.M. Whitney [8].

Trabajos analíticos dedicados al estudio de la respuesta forzada de placas de material compuesto laminadas han sido menos evidentes. Meirovitch [9] y Warburton [10] analizaron la respuesta de placas isotrópicas para cargas dinámicas mientras que Yu [11] y Sun y Whitney [12] han presentado la respuesta para placas anisotrópicas en flexión cilíndrica.

Dobyns [13], presentó un análisis de placas delgadas ortotrópicas con condiciones de fronteras de simple apoyo sujeta a cargas estáticas y dinámicas. Vargas [14], presentó un análisis de placas delgadas anisotrópicas (ortotrópicas) e isotrópicas con diferentes condiciones de frontera sujetas a cargas estáticas y dinámicas, además del efecto de la duración y forma de las cargas impulsivas.

El objeto de este trabajo es determinar la respuesta dinámica de placas anisotrópicas e isotrópicas con diferentes condiciones de frontera y sujeta a cargas de impulso.

El material de la placa anisotrópica se asumirá ortotrópico y la teoría lineal de elasticidad será utilizada para formular el problema.

Se tomará en cuenta el efecto de inercia rotatoria, pero no el efecto de la deformación cortante transversal para este análisis.

Los efectos de las cargas de impulso modelada por pulsos de forma senoidal y escalón serán analizados, así como su forma y duración. Para simplificar el análisis se asumirá que los pulsos actúan sobre la superficie de la placa uniformemente. La solución de la ecuación de movimiento está basada en el método de Levy.

ANÁLISIS

En la figura 1 y 2 se muestran el sistema de coordenadas x, y, z y la geometría y sistema de referencia utilizados para el análisis de placas laminadas, respectivamente. La longitud, el ancho y el espesor son denotados por las dimensiones a, b, h , respectivamente.