

اندازه‌گیری تجربی ضرائب هیدرودینامیکی مانور شناور معیار اسو ازاکا در حوضچه کشش

علی اصغر مقدس آهنگری^{۱*}، حمید زراعتگر^۲، سید خلیل شریعتی^۳

۱. آزمایشگاه ملی دریایی شهدای خلیج فارس، تهران

۲. دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران

۳. مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۲

شناسه دیجیتال (DOI) : [10.22113/jmst.2017.79345.1990](https://doi.org/10.22113/jmst.2017.79345.1990)

چکیده

در فرآیند طراحی یک شناور دریایی، استخراج ضرائب هیدرودینامیکی معادلات حرکت شناور بسیار حائز اهمیت می‌باشد. برای استخراج این ضرائب هیدرودینامیکی می‌توان از روش‌های تحلیلی-تجربی، دینامیک سیالات محاسباتی و تست مدل استفاده نمود که در این میان با توجه به محدودیت‌های موجود در دو روش نخست، تست مدل دقیق‌ترین روش استخراج این ضرائب می‌باشد. استخراج تجربی این ضرائب که در آزمایشگاه‌های دریایی صورت می‌پذیرد، امکان شبیه‌سازی رفتار شناور در تست‌های مانور مدنظر سازمان بین‌المللی دریانوردی و تعیین میزان مانور پذیری شناور را فراهم می‌سازد.

در آزمایشگاه‌های دریایی با توجه به اختلاف موجود در تجهیزات و روش‌های تست، برای اطمینان از صحت نتایج، دقت تجهیزات و روش تست، مدل‌های استاندارد مورد آزمون قرار گرفته و نتایج آن با نتایج ارائه شده توسط دیگر اعضای کنفرانس بین‌المللی حوضچه کشش مقایسه می‌شود. هدف از این مقاله بررسی صحت اجرا و تحلیل نتایج تست مقید مانور شناورهای جابجایی می‌باشد که بر این اساس به شرح فرآیند اجرای تست و استخراج تعدادی از این ضرائب برای شناور معیار اسو ازاکا با استفاده از اجرای تست‌های استاتیکی و دینامیکی به کمک سیستم مقید مانور در آزمایشگاه ملی دریایی شهدای خلیج فارس پرداخته شده و در انتها مقایسه نتایج حاصل با مقادیر ارائه شده توسط کنفرانس بین‌المللی حوضچه‌های کشش انجام پذیرفته است.

واژگان کلیدی: ضرائب هیدرودینامیکی، اسو ازاکا، سیستم مقید مانور.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: moghadass14@gmail.com

۱. مقدمه

تجارت جهانی بر پایه دریا بسیار توسعه یافته تر و مقرون به صرفه تر از تجارت های هوایی و زمین بوده و پارامترهای فنی و تجهیزاتی زیادی در بهبود این تجارت تاثیرگذار است. (C. Shih et al, 2012) یکی از این موارد بهبود مانورپذیری شناورها به منظور کاهش خطر تصادم در دریا و بندر، کاهش مسیر حرکت با افزایش قابلیت حفظ مسیر شناور و به طور کلی بهبود قابلیت مانورپذیری شناورها می باشد. تعیین میزان مانورپذیری شناورها یا با اجرای تست های مدنظر سازمان بین المللی دریانوردی^۱ مانند تست دور زدن، زیگزآگ، حلزونی و غیره بوسیله شناور اصلی در دریا انجام می پذیرد. اما با توجه به اینکه لازم است بررسی قابلیت مانور شناور در مراحل اولیه طراحی انجام پذیرد تا امکان بهبود آن وجود داشته و کم هزینه باشد، لازم است تست مدل شناور بصورت تست آزاد یا تست مقید در آزمایشگاه انجام پذیرد. در فرآیند اجرای تست مقید بوسیله سیستم مانور مقید^۲، مستقیماً تست های مانور اجرا نمی گردد. در واقع در طول تست مانور مدل مهارشده، مدل توسط یک مکانیزم خارجی تحت کشش قرار می گیرد تا یک خط سیر تعیین شده در صفحه افق را طی نماید. اندازه گیری نیروهایی که بر مدل اثر می گذارند منجر به تعیین مقدار عددی ضرائب هیدرودینامیکی موجود در معادله ریاضی مانور شده که می تواند برای پیش بینی جنبه های گوناگون رفتار شناور از جمله مانورهای استاندارد مورد استفاده قرار گیرد. (ITTC, 2008)

هر آزمایشگاهی که از سیستم اندازه گیری تست مقید مانور برخوردار است، لازم است مطمئن شود که مقادیر ضرائب را بدرستی اندازه گیری می نماید.

^۱International maritime organization (IMO)

^۲Horizontal planar motion mechanism (HPMM)

بدین منظور کنفرانس بین المللی حوضچه کشش^۳ شناور معیار اِسو اُزاکا^۴ را معرفی نموده است. این نفتکش در سال 1973 میلادی توسط شرکت هیتاچی^۵ ساخته شد. نتایج گسترده ای از تست این شناور در شرایط بارگیری کامل با دقت مناسب وجود دارد. همچنین انواع تست های مانور این شناور توسط حداقل ۲۰ آزمایشگاه مختلف با مدل هایی به طول ۱/۶۵ تا ۸/۱۲۵ متر انجام شده است. (ITTC, 2002)

یوشیمورا^۶ در سال 2001 مجموعه تست هایی را برای اندازه گیری تغییرات نیروهای وارد بر مدل این شناور در شرایط مختلف تست، انجام داد که نتایج آن به عنوان معیار در گزارش نشست بیست و سوم کنفرانس بین المللی حوضچه های کشش آورده شده است. (ITTC, 2002) سیمونسن^۷ و استرن^۸ در سال 2003 به بررسی اثرات زاویه دریافت و سکان بر روی نیروها و ممان وارد بر این شناور پرداختند. (D. Simonsen et al, 2003) امین^۹ و هاسگاوا^{۱۰} در سال 2010 پژوهشی به منظور ارزیابی مانورپذیری شناور معیار در آب با عمق های متفاوت انجام دادند. (M. Amin et al, 2003)

هدف از این مقاله بررسی وضعیت کالیبراسیون سیستم مانور مقید آزمایشگاه ملی دریایی شهدای خلیج فارس جهت انجام تست های مانور شناورهای سطحی می باشد. در این راستا، سیستم ارابه و حوضچه، کلیه وسایل اندازه گیری از جمله دینامومترها و همچنین مکانیزم حرکت و پارامترهای اصلی دستگاه کالیبره شده و نرم افزار

^۳International Towing Tank Conference

^۴Esso Osaka

^۵Hitachi

^۶Yoshimura

^۷Simonsen

^۸Stern

^۹Md. Amin

^{۱۰}Hasegawa



شکل ۱. سیستم مانور مقید آزمایشگاه ملی دریایی شهدای

خلیج فارس

شناور معیار اِسو اَزاکا یک کشتی نفتکش است که در بیست و سومین کنفرانس بین‌المللی حوضچه-های کشتی^۱ به‌عنوان شناور معیار برای اعتبارسنجی نتایج تست مانور معرفی شده است. خطوط بدنه این شناور معیار در شکل ۲ نشان داده شده است.

مشخصات ابعادی شناور اصلی و مدل نشان داده شده در شکل ۳، با در نظر گرفتن نسبت مقیاس ۱:۱۳۰ مطابق جدول ۲ می‌باشد.

مدلی به جنس چوب توسط ماشین تراش سی‌ان-سی با دقت تعیین شده توسط کنفرانس بین-المللی حوضچه کشتی ساخته شد.

تست مدل مانور معمولاً با تشابه وزن، موقعیت طولی و عرضی مرکز ثقل و ممان اینرسی جرمی یاو بین مدل و کشتی اصلی انجام می‌گیرد. به منظور رسیدن به آب‌خور طراحی مدل که مقیاسی از آب‌خور شناور اصلی می‌باشد، لازم است تا مقادیر مشخصی وزنه در داخل مدل قرار گیرد. با توجه به اجرای تست دینامیکی در صفحه افق، لازم است تشابه ممان اینرسی جرمی حول محور عمود بر صفحه آب‌خور یا به عبارت دیگر تشابه شعاع ژیراسیون در این صفحه بین شناور اصلی و مدل

تبدیل نیروهای ثابت شده به ضرائب هیدرودینامیکی نیز کالیبره گردید. مدلی ۲/۵ متری از شناور اِسو اَزاکا ساخته و هندسه بدنه کنترل شد تا دقت استاندارد را برخوردار باشد. تست‌های یاو و سوی خالص اجراء و کلیه ضرائب هیدرودینامیکی خطی و غیرخطی مرتبط با دو تست مذکور استخراج گردید. نتایج ثبت شده در تست‌های این آزمایشگاه با نتایج آزمایشگاه‌های معتبر جهان مقایسه گردید.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایشگاه ملی دریایی شهدای خلیج فارس، یک مرکز مجهز برای تست‌های هیدرودینامیکی کشتی، قایق‌های پروازی و سازه‌های دریایی است. طول این حوضچه ۴۰۰ متر، عرض آن ۶ متر و دارای عمق ۴/۵ متری می‌باشد.

برای تست مانور کشتی‌ها و قایق‌های پروازی در این آزمایشگاه از سیستم مانور مقید استفاده می‌شود. این سیستم قابلیت تست استاتیکی مانور و تست دینامیکی مانور را برخوردار است. مشخصات فنی سیستم مانور مقید در جدول ۱ شرح داده شده و شکل مربوط به آن در شکل ۱ نشان داده شده است.

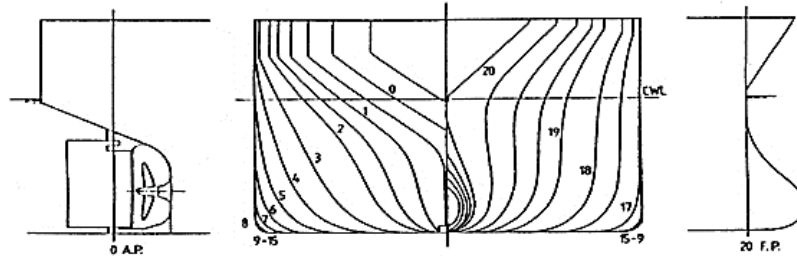
جدول ۱ مشخصات فنی سیستم مانور مقید

| مقدار | مشخصه |
|--------------------|-------------------------------|
| ± 500 میلی متر | حداکثر دامنه حرکت سوی |
| ۱/۵ متر بر ثانیه | حداکثر سرعت خطی حرکت سوی |
| ± 30 درجه | حداکثر دامنه حرکت یاو |
| ۵۰ درجه بر ثانیه | حداکثر سرعت زاویه‌ای حرکت یاو |

¹International towing tank conference

با چیدمانی وزنه، موقعیت مرکز ثقل و شعاع ژیراسیون مدل تنظیم گردید.

برقرار گردد. شعاع ژیراسیون در صفحه ابخور برابر 0.25 طول بین دو عمود در نظر گرفته می شود. (M. Faltinsen, 2005) بدین منظور همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، ممان اینرسی بدنه با استفاده از میز ممان تعیین گردید. سپس



شکل ۲ خطوط بدنه شناور اِسو اَزاکا



شکل ۳ مدل ساخته شده از شناور اِسو اَزاکا

جدول ۲ مشخصات ابعاد اصلی شناور و مدل

| مدل | شناور اصلی | بُعد (متر) |
|-------|------------|-----------------|
| ۲/۵۰ | ۳۲۵ | طول بین دو عمود |
| ۰/۴۰۸ | ۵۳ | عرض |
| ۰/۱۶۷ | ۲۱/۷۹ | آبخور |



شکل ۴. اندازه گیری ممان اینرسی بدنه خالی مدل با استفاده از میز ممان اینرسی

مدل پس از انجام تنظیمات اولیه، با استفاده از دو نیروسنج دو جزئی^۱ به مکانیزم حرکت در صفحه افق متصل گردید. اتصال مدل در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵ مدل شناور پس از اتصال به سیستم مانور مقید

¹Two component loadcell

مدل (ارابه) و زاویه‌ی دریافت، بوده و خروجی این تست تاریخچه زمانی نیروها و ممان وارد بر مدل است. پس از فیلتر کردن نویزهای تاریخچه زمانی نیروها و ممان، مقدار نیروها و ممان وارد بر مدل در زاویه دریافت‌های مختلف (سرعت سوی) استخراج می‌گردد. با استفاده از منطق مشتق‌های جزئی ضرائب هیدرودینامیکی محاسبه می‌گردد.

در شکل ۶، شناور در حال اجرای تست دریافت استاتیکی با زاویه انحراف به سمت چپ شناور^۳، نشان داده شده است. تست دریافت استاتیکی در شرایط آب آرام و در حالی که حرکات هیو و پیچ مدل آزاد و حرکت رول آن مقید شده است انجام می‌پذیرد. این تست در زوایای دریافت درج شده در جدول ۳ در دو جهت چرخش به سمت راست و چپ مدل انجام می‌پذیرد. از مقادیر نیروها و ممان وارد بر شناور در این تست، تعدادی از ضرائب هیدرودینامیکی وابسته به تغییرات سرعت عرضی شناور بدست می‌آید.

سیستم مانور مقید که با سرعت ثابت V_0 در حال حرکت در راستای X_0 در سیستم مختصات ثابت می‌باشد زاویه دریافت β را با سیستم مختصات متحرک می‌سازد. در شکل ۷، سیستم مختصات ثابت و متصل به بدنه در صفحه افق نشان داده شده است. در این صورت سرعت سرج u و سرعت سوی v در سیستم مختصات متحرک شکل می‌گیرد. در این تست سرعت و شتاب حرکت یاو صفر بوده و سرعت در راستای سرج و سوی آن نیز ثابت باشد.

برای استخراج ضرائب هیدرودینامیکی با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی، می‌توان تست استاتیکی و تست‌های دینامیکی انجام داد. تست استاتیکی به تستی گفته می‌شود که در آن مدل با زاویه دریافت ثابت به سیستم مانور مقید متصل می‌گردد و سپس با سرعت ثابت در خط مرکزی حوضچه مدل با سرعت ثابت به جلو حرکت داده می‌شود. تست‌های دینامیکی به مجموعه‌ای از تست‌های نوسانی گفته می‌شود که مدل دارای سرعت و شتاب سوی خالص، سرعت و شتاب یاو خالص و یا سرعت و شتاب همزمان سوی و یاو می‌باشد.

اصولاً تست‌های استاتیکی تعداد محدودی از ضرائب هیدرودینامیکی (ضرائب هیدرودینامیکی ناشی از سرعت سوی) را می‌توانند اندازه‌گیری کنند. بقیه ضرائب هیدرودینامیکی از تست دینامیکی اندازه‌گیری می‌شوند. با مراجعه به معادله حرکت غیرخطی مانور شناور در صفحه افقی، تعداد ضرائب هیدرودینامیکی ده‌ها ضریب می‌باشد که در مدل‌های مختلف تعداد ضرائب متفاوت است. در این مطالعه به تست دریافت استاتیکی^۱ برای استخراج چهار ضریب وابسته به سرعت سوی و تست سوی خالص^۲ برای استخراج یک ضریب خطی وابسته به شتاب سوی، پرداخته شده است.

تست دریافت خالص از نوع تست استاتیک بوده که در این تست، شناور با زاویه دریافت ثابت به ارابه متصل شده و ارابه با سرعت ثابت به جلو حرکت می‌کند. ممان و نیروی عرضی وارد بر مدل طی تست‌هایی با سرعت رو به جلو مشخص و زوایای دریافت متفاوت ثبت می‌گردند. ورودی‌های این تست سرعت

¹Static drift test²Pure sway test³Port

سرعت و هم شتاب سوی وجود دارد، سری زمانی نیروها و ممان ثبت شده کاربردی برای محاسبه ضرائب هیدرودینامیکی ندارد.

با تحلیل سیگنال‌های ثبت شده و بدست آوردن تاریخچه زمانی نیروها و ممان وارد بر مدل، می‌توان ضریب هیدرودینامیکی مدنظر را استخراج نمود. در جدول ۵، مشخصات این تست درج شده است.

تست دریافت استاتیکی در شرایط آب آرام و در حالی که حرکات هیو و پیچ مدل آزاد و حرکت رول آن مقید شده است انجام می‌پذیرد. این تست در زوایای دامنه و فرکانس نوسان درج شده در جدول ۴ انجام می‌پذیرد. از مقادیر نیروها و ممان وارد بر شناور در این تست، تعدادی از ضرائب هیدرودینامیکی وابسته به تغییرات شتاب حرکت سوی بدست می‌آید.

در تست سوی خالص، مطابق شکل ۸، مدل در حال حرکت رو به جلو، یک حرکت عرضی هارمونیک را با دامنه و فرکانس مشخص انجام می‌دهد. ورودی‌های این تست سرعت شناور یا ارابه، دامنه و فرکانس حرکت سوی، بوده و خروجی این تست نیروها و ممان وارد بر مدل است.

در تست مقید با حرکت سوی خالص بصورت هارمونیک، در لحظاتی فقط سرعت سوی وجود داشته و شتاب سوی صفر است. در این لحظات، از نیروها و ممان ثبت شده برای محاسبه ضرائب ناشی از سرعت سوی استفاده می‌شود. در لحظاتی دیگر صرفاً شتاب سوی وجود داشته و سرعت سوی صفر است. از نیروها و ممان ثبت شده در این لحظات برای محاسبه ضرائب ناشی از شتاب سوی استفاده می‌شود. در بقیه زمان‌ها که هم

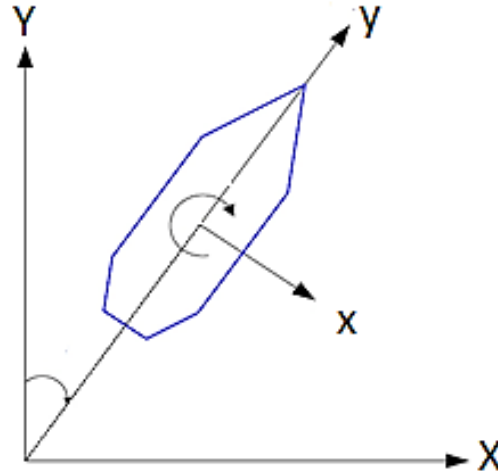


شکل ۶ تست دریافت استاتیکی

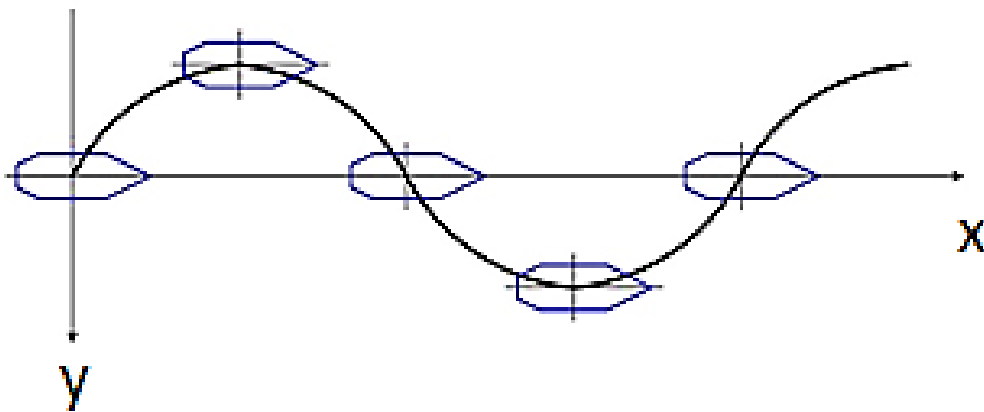
جدول ۳ مشخصات تست دریافت استاتیکی

| عنوان / مقدار | مشخصه |
|--|--|
| دریافت | نام تست |
| استاتیکی | نوع تست |
| آرام | شرایط آب |
| ۹۹۶/۲ | چگالی آب آزمایشگاه (کیلوگرم بر متر مکعب) |
| رول | حرکات مقید |
| سکان روی بدنه در زاویه صفر قرار دارد. پروانه وجود ندارد. | وضعیت سکان و پروانه |

| | |
|--------------------------|-------------------------------|
| سرعت (متر بر ثانیه) | ۰/۵۰۹ |
| زاویه‌های دریافت (درجه) | ۲۴, ۲۰, ۱۶, ۱۲, ۸, ۴, ۰, -۴ |
| ضرائب هیدرودینامیکی حاصل | Y_V $Y_V V $ N_V $N_V V $ |



شکل ۷ سیستم مختصات ثابت و متصل به بدنه در صفحه افق



شکل ۸ تست سوی خالص

جدول ۴ مشخصات تست سوی خالص

| مشخصه | عنوان / مقدار |
|--|--|
| نام تست | سوی |
| نوع تست | دینامیکی |
| شرایط آب | آرام |
| چگالی آب آزمایشگاه (کیلوگرم بر متر مکعب) | ۹۹۶/۲ |
| حرکات مقید | رول |
| وضعیت سکان و پروانه | سکان روی بدنه در زاویه صفر قرار دارد. پروانه وجود ندارد. |

| | |
|------------------------|-------------------------|
| ۰/۵۰۹ | سرعت (متر بر ثانیه) |
| ۰/۲۵ | دامنه نوسان (متر) |
| ۰/۰۷, ۰/۰۶, ۰/۰۵, ۰/۰۳ | فرکانس (هرتز) |
| $Y_{\dot{v}}$ | ضریب هیدرودینامیکی حاصل |

اندیس dot این تست نشان دهنده وابستگی به پارامتر به شتاب می باشد.

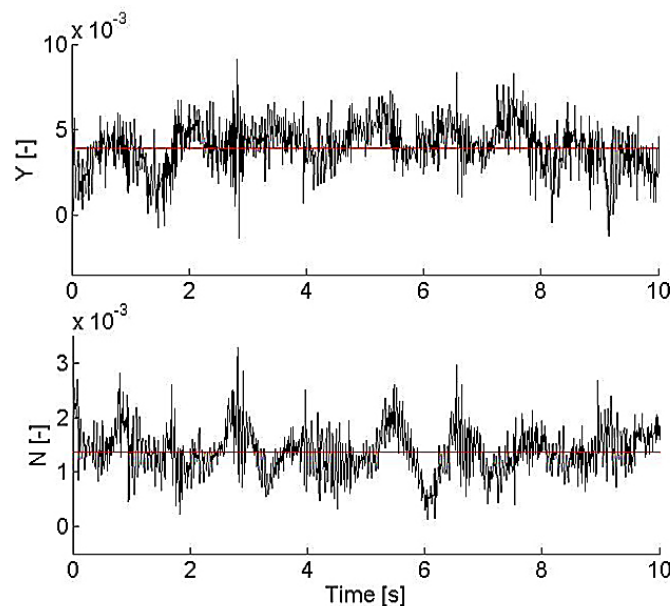
۳. نتایج

نیروهای وارد بر مدل در تست های ذکر شده پس از پالایش و تعیین بازه زمانی مناسب، با استفاده از رابطه (۱) و ممان حول محور عمود بر سطح آبخور با استفاده از رابطه (۲) بی بعدسازی می گردد.

$$Y' = \frac{Y}{\frac{\rho}{2} L^2 U^2} \quad (1)$$

$$N' = \frac{N}{\frac{\rho}{2} L^3 U^2} \quad (2)$$

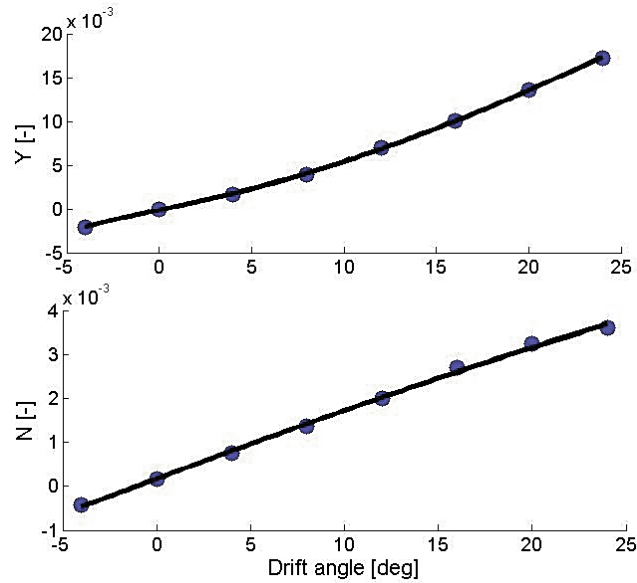
در نمودارهای شکل ۹، به عنوان نمونه، مقادیر نیرو سوی و ممان یاو اندازه گیری شده در زاویه دریافت ۸ درجه در تست دریافت استاتیکی پس از فیلتر کردن با استفاده از نرم افزار متلب ۲۰۱۲ نشان داده شده است. در این نمودارها، خط مقدار میانگین نیز قابل مشاهده می باشد.



شکل ۹ نیرو سوی و ممان یاو اندازه گیری شده در زاویه دریافت

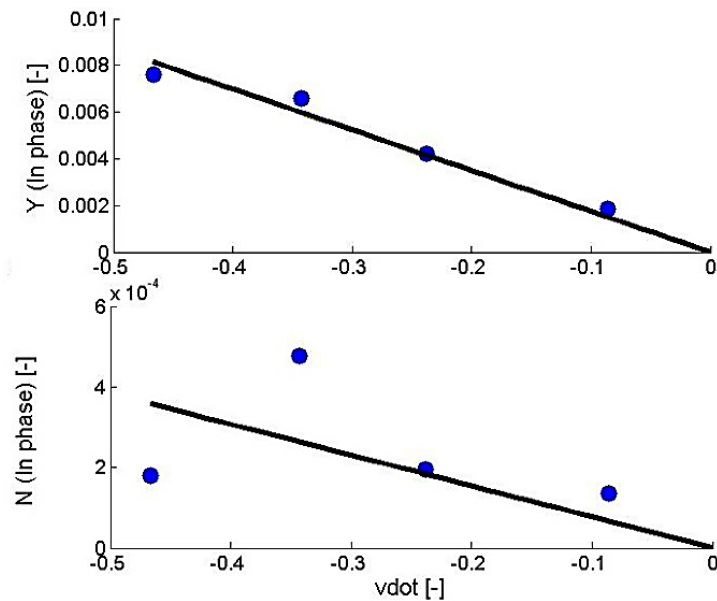
۸ درجه

پس از انجام تست های متوالی، مقادیر نیروها و ممان بی بعد مربوط به تست دریافت استاتیکی در زوایای دریافت مختلف مطابق شکل ۱۰ و مقادیر نیرو و ممان مربوط به تست سوی خالص در شتاب های مختلف سوی مطابق شکل ۱۱ بدست می آید.



شکل ۱۰ نیرو و ممان وارد بر مدل در تست دریافت استاتیکی

ضرائب هیدرودینامیکی بی بعد حاصل از نتایج تست دریافت استاتیکی به شرح جدول ۵ و ضریب بی بعد حاصل از نتایج تست سوی خالص نیز به شرح جدول ۶ می باشد.



شکل ۱۱ نیرو و ممان وارد بر مدل در تست سوی خالص ضریب هیدرودینامیکی بی بعد حاصل از نتایج از تست دریافت استاتیکی

| مقدار | ضریب بی بعد |
|---------|-------------|
| -۰/۰۲۳۹ | Y_V' |
| -۰/۰۴۶۸ | $Y_{V V}'$ |
| -۰/۰۰۹۲ | N_V' |
| ۰/۰۰۱۳ | $N_{V V}'$ |

جدول ۶ ضریب هیدرودینامیکی بی بعد حاصل نتایج از تست سوی خالص

| مقدار | ضریب بی بعد |
|---------|-------------|
| -۰/۰۱۷۵ | Y_{Vdot}' |

بر اساس جدول ۷ اصولاً هیچ دو آزمایشگاهی مقادیر یکسانی را برای ضرائب بدست نیاورده‌اند. برای ضرائب Y_V' و N_V' مقدار اندازه‌گیری شده در این آزمایشگاه به آزمایشگاه دانشگاه ملی سئول نزدیک است. برای ضریب Y_{Vdot}' مقدار اندازه‌گیری شده در این آزمایشگاه به آزمایشگاه اچ اس ام بی نزدیک است. برای ضریب $Y_{V|V}'$ مقدار اندازه‌گیری شده در این آزمایشگاه به آزمایشگاه کریسو نزدیک است در حالی که با مقادیر آزمایشگاه دانشگاه ملی سئول فاصله دارد. برای ضریب $N_{V|V}'$ مقدار اندازه‌گیری شده در این آزمایشگاه به آزمایشگاه اچ اس ام بی نزدیک است در حالی که با مقادیر آزمایشگاه دانشگاه ملی سئول فاصله دارد.

جدول ۷ مقایسه ضرائب هیدرودینامیکی بی بعد

| نام آزمایشگاه | Y_V' | $Y_{V V}'$ | N_V' | $N_{V V}'$ | Y_{Vdot}' | دلایل این اختلاف می توان به اختلاف عدد رینولدز به دلیل تست در حوضچه‌هایی با ابعاد متفاوت، ^۱ تفاوت سرعت تست متفاوت و طول مدل متفاوت اشاره کرد همچنین وجود عوامل زیاد عدم قطعیت در تست های مقید مانور در مقایسه با تست مقاومت در حوضچه های کشش بدلیل پیچیدگی تست و هارمونیک بودن حرکات، نیز از عوامل اصلی این اختلاف است باید توجه داشت که اختلاف در ضرائب به معنای اختلاف در مقادیر پارامترهای مانور شناور مانند شعاع چرخش نمی‌باشد. آنچه در آزمایشگاه ملی دریایی شهدای خلیج فارس بدست آمده نشان می‌دهد اختلاف حدود ۱۰ درصدی در کلیه ضرائب هیدرودینامیکی موجود در معادله حرکت مانور شناور جابجایی تنها ۳ درصد در شعاع چرخش شناور ایجاد اختلاف خواهد کرد که این امر به ماهیت معادلات حرکت بر می‌گردد. |
|-------------------------------|---------|------------|---------|------------|-------------|--|
| کریسو ^۱ | -۰/۰۱۹۵ | -۰/۰۴۰۳ | -۰/۰۰۷۶ | ۰/۰۰۲۲ | -۰/۰۱۴۲ | |
| اچ اس ام بی ^۲ | -۰/۰۲۰۷ | -۰/۰۳۰۲ | -۰/۰۰۷۹ | ۰/۰۰۱۳ | -۰/۰۱۷۵ | |
| دانشگاه ملی سئول ^۳ | -۰/۰۲۲۸ | -۰/۰۲۷۹ | -۰/۰۰۸۸ | ۰/۰۰۳۵ | ----- | |
| شهدای خلیج فارس | -۰/۰۲۳۹ | -۰/۰۴۶۸ | -۰/۰۰۹۲ | ۰/۰۰۱۳ | -۰/۰۱۷۵ | |

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در کالیبراسیون آزمایشگاه‌های دریایی، جواب مطلق برای ضرائب هیدرودینامیکی وجود ندارد بلکه هر یک از آزمایشگاه‌ها به مقادیر متفاوتی می‌رسند. از

^۱Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering (KRISO)

^۲Hydrodynamics Ship Model Basin (HSMB)

^۳Seoul National University (SNU)

| | | |
|-----------------------------|-----------|--|
| شعاع ژیراسیون در جهت $z(m)$ | R | بدین ترتیب کنفرانس بین المللی حوضچه‌های |
| سرعت شناور (ms^{-2}) | U | کشش مقادیر ضرائب در سه حوضچه کشش معتبر |
| سرعت حرکت سوی (ms^{-1}) | v | را به عنوان معیار معرفی نموده تا سایر آزمایشگاه ها |
| شتاب حرکت سوی (ms^{-2}) | \dot{v} | بتوانند خود را با این مراجع مقایسه نموده و اگر |
| نیرو در جهت عرض شناور (N) | y | مقادیر بدست آمده آنها در بازه این مراجع قرار |
| زاویه دریافت (degree) | β | داشت کالیبراسیون آنها تایید می‌گردد. |
| چگالی آب (kgm^{-3}) | ρ | با ساخت مدل شناور معیار اِسو اُزاکا بر اساس |

دستورالعمل کنفرانس بین‌المللی حوضچه کشش و همچنین آماده‌سازی و اجرای تست‌های دریافت استاتیکی و سوی خالص بر اساس همین دستورالعمل، فرآیند تحلیل نتایج و استخراج مقادیر بی‌بعد نیرو و ممان وارد بر مدل انجام پذیرفت که در نهایت منجر به استخراج چهار ضریب هیدرودینامیکی بی‌بعد استاتیکی و یک ضریب هیدرودینامیکی بی‌بعد دینامیکی گردید.

مقایسه این ضرائب با مقادیر ارائه شده در سه آزمایشگاه معتبر بین‌المللی که نتایج آنها به عنوان معیار معرفی شده است، تطابق بسیار خوبی را نشان می‌دهد. که می‌تواند بیانگر صحت فرآیند اجرای تست و تحلیل نتایج در آزمایشگاه ملی دریایی شهدای خلیج فارس باشد.

فهرست علائم

| | | |
|-----------------------------------|-------|-----------|
| ممان اینرسی جرمی شناور حول محور Z | I_z | $(N.m^2)$ |
| طول مدل (m) | L | |
| جرم شناور (kg) | m | |
| ممان هیدرودینامیکی حول محور Z | N | $(N.m)$ |
| مشتق N بر روی r | N_r | |

منابع

C. Shih, P. Huang, S. Yamamura, C. Chen, designoptimalcontrol of ship maneuveringfor collision avoidance, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 20, No. 2, pp. 111-121, 2012.

ITTC maneuvering group members, Testing and Extrapolation Methods, Manoeuvrability Captive Model Test Procedures, *ITTC-Recommended*, 7.5 - 02 06 - 02, Revision 02, 2008.

ITTC maneuvering group members, The Specialist Committee on Esso Osaka, *Final Report and Recommendations to the 23rd ITTC*, volume II, 2002.

D. Simonsen, F. Stern, Verification and validation of RANS maneuvering simulation of Esso Osaka: effects of drift and rudder angle on forces and moments, *Computers & Fluids* 32, 1325-1356, 2003.

M. Amin, K. Hasegawa, assessmentof ship maneuverabilityin shallow waterways, *The International Conference on Marine Technology*, BUET, Dhaka, Bangladesh, 2010.

M. Faltinsen, *hydrodynamics of high-speed marine vehicles*, cambridge university press, pp.164, 2005.

Experimental measuring of Esso Osaka maneuvering hydrodynamic coefficients in towing tank

Ali Asghar Moghaddas Ahangari^{1*}, Hamid Zeraatgar², Seyed Khalil Shariati³

1. Shohada-e-Khalij-e-Fars national marine laboratory, Tehran, Iran
2. Amir Kabir University of technology, Tehran, Iran
3. Malek-e-Ashtar University of technology, Tehran, Isfahan

Abstract

In designing of a marine vehicle, derivation of hydrodynamic coefficients of the equations of motion is very important. For derivation of these hydrodynamic coefficient's various methods such as analytical-experimental methods, Computational Fluid Dynamic (CFD) method and model test can be used. Among These methods, due to the limitations of analytical-experimental methods and computational fluid dynamic method, the most accurate method is model testing. Empirically derived coefficients, which obtain in the marine laboratory, use to simulate the behavior of a marine vessel in the International Maritime Organization (IMO) maneuver test and determine the vessel's maneuverability.

Due to differences in the marine laboratory equipment and test methods and to ensure the accuracy of results, standard models are tested and the results are compared against the results provided by the International Towing Tank Conference (ITTC). Accordingly, this article describes the process of model testing and derivation of the coefficients for the Esso Osaka benchmark vessel, using static and dynamic testing with Horizontal Planar Motion Mechanism (HPMM) in Shohada-e-Khalij-e-Fars national marine laboratory and compare the results with the results provided by the international towing tank conference.

Keywords: Hydrodynamic coefficients, Esso Osaka, Horizontal planar motion mechanism (HPMM)

Figures list

| | |
|--|----|
| HPMM of of Shohada-e-Khalij-e-Fars national marine laboratory..... | 4 |
| Esso Osaka body line..... | 4 |
| Esso Osaka model..... | 4 |
| measuring the moment of inertia of Esso Osaka bare hull model..... | 5 |
| Esso Osaka model installed on HPMM..... | 6 |
| static drift test..... | 7 |
| coordinate system in horizontal plane..... | 8 |
| pure sway test..... | 9 |
| measured sway and yaw force due to static drift in 8 degree..... | 11 |
| force and moment due to static drift test..... | 11 |
| force and moment due to pure sway test..... | 12 |

Tables list

| | |
|--|----|
| Specifications of HPMM..... | 3 |
| Specifications of full scale ship and model..... | 5 |
| Specifications of static drift test..... | 8 |
| Specifications of pure sway test..... | 10 |
| nondimensional hydrodynamic coefficients of static drift test..... | 12 |
| nondimensional hydrodynamic coefficients of pure sway test..... | 12 |
| comparing of nondimensional hydrodynamic coefficients..... | 13 |

*Corresponding author, E-mail: moghadas14@gmail.com