هشتمین همایش صنایع دریایی
۹ لغایت ۱۱ آبانماه ۱۳۸۵
استان بوشهر

# بررسی تجربی عملکرد تریم تب بر عملکرد شناورهای تندرو کاتاماران

**مهدی ریشهری[۱]، احمد فخرایی[۲] ، محمد سعید سیف[۳]**

تهران ، دانشگاه صنعتی شریف ، دانشکده مکانیک

mahdi_rishehri@yahoo.com

## چکیده

در شناورهای تندرو هنگامیکه سرعت شناور کاهش می یابد پاشنه شناور پایین می آید و زمانیکه وزن شناور به هر علتی از قبیل مسافران و یا ماشین آلات افزایش یابد و یا توزیع آنها نامتقارن شود کنترل و هدایت شناور مشکلتر می شود. لذا در این شرایط وضوح دید موقعیت رو به جلو محدود می شود و کف شناور دچار ضربات متوالی برخورد با آب می گردد. همچنین زاویه مربوط به پروانه به جهت داشتن تریم نامناسب زیاد شده و مصرف سوخت افزایش می یابد. در بعضی شرایط نیز ممکن است شناور دچار غلتش عرضی نامناسب به سمت چپ و یا راست گردد. در اینگونه شرایط تریم تب[۴] مفید خواهد بود و با استفاده از آن می توان توزیع نامتقارن وزن ، سرعت شناور و همچنین امنیت حرکت شناور و در کل عملکرد شناور را بهبود داد.

در این مقاله سعی شده است که اساس کار تریم تب تشریح و تاثیر نمونه هایی از آن بر روی شناور تندرو کاتاماران ارزیابی گردد. در آزمایشهای مورد نظر چند نمونه تریم تب بر روی مدل شناور نصب و از نقطه نظر مقاومت و همچنین زاویه تریم شناور مورد بررسی قرار گرفته است.

---

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه کشتی، دانشگاه صنعتی شریف
۲- کارشناس ارشد سازه کشتی، دانشگاه صنعتی شریف
۳- دانشیار دانشکده مکانیک ، دانشگاه صنعتی شریف

4 -Trim Tab

**کلمات کلیدی:** تریم تب (Trim Tab) ، لیست ، Porpoising ، Planning

## مقدمه

بسیاری از قایق های تندرو در یک سرعت خاص و توزیع وزن بخصوصی و همچنین در شرایط مشخصی از آب جدا می شوند و به اصطلاح پرواز می کنند(planing) لذا هنگامیکه سرعت شناور از مقدار حداکثر کاهش می یابد پاشنه شناور پایین آمده و هنگامیکه وزن شناور به هر علتی از قبیل مسافر و یا ماشین آلات افزایش می یابد و یا توزیع آنها نامتقارن باشد کنترل و هدایت شناور مشکلتر می گردد. از طرف دیگر در اینگونه شرایط وضوح دید موقعیت رو به جلو محدود می شود و کف شناور دچار ضربات متوالی برخورد با آب می گردد در ضمن زاویه پروانه زیاد می شود و همچنین مصرف سوخت زیاد شده و ممکن است شناور دچار غلتش عرضی نامناسب به سمت چپ و یا راست گردد. بطور کلی تریم تب[1] در چنین مواقعی مفید خواهد بود و شناور با استفاده از آن می تواند بهتر به نقطه پروازی خود برسد و توزیع نامتقارن وزن و سرعت شناور و همچنین امنیت حرکت شناور و در کل عملکرد شناور نیز بهبود می یابد.

تریم تب شامل دو قطعه مستقل می باشد که عبارتند از:

الف) ورق ضد زنگ (stainless steel)

ب)قطعه قابل کنترل(Actuator)

در شکل ۱ قطعات اصلی تریم تب نشان داده شده است.

عملکرد تریم تب خیلی شبیه به قطعه (aileron) و سکان افقی متحرک هواپیما (elevator) می باشد.که این قطعات مقداری نیروی بالابری برای جبران تغییرات سرعت ،توزیع وزن نامتقارن و جبران تغییرات در شرایط محیطی دیگر فراهم می کند.

1- Trim Tab

## ویژگی ها و اساس کار تریم تب

نیروی آب بر روی سطح تریم تب یک فشار رو به بالا وارد می کند که بر اثر آن سینه شناور پایین می آید و پاشنه به سمت بالا حرکت می کند. این اصل خیلی ساده نتایج بسیار مهمی را در پی دارد (شکل ۲).

هنگامیکه جکهای هیدرولیکی ، تریم تب را در زاویه مناسب قرار می دهند جریان آب تحت تاثیر قرار می گیرد. این جریان آب، یک نیرو رو به بالا در تریم تب ها ایجاد می کند که تحت تاثیر آن پاشنه بالا می آید و تریم شناور کاهش می یابد. نتیجتا سطح مناسبی برای تریم تب لازم و ضروری است. برای شناورهای بزرگتر و یا شناورهای دارای سرعت کمتر ، تریم تب های بزرگتر مورد نیاز خواهد بود. تریم تب ها با استفاده از نیروی هیدرولیکی برای یکسان سازی تریم شناور می توانند عملکرد خوبی را داشته باشند.

تریم تب سینه شناور را در یک موقعیت قرار می دهد تا آب را بشکافد و باعث کاهش ضربات ناشی از برخورد دماغه شناور با آب و همچنین افزایش کارایی موتور گردد. هنگامیکه سینه شناور در یک موقعیت قرار می گیرد دید رو به جلو بهتر می شود که در نتیجه امنیت نیز افزایش می یابد . کاهش ضربات ناشی از برخورد دماغه شناور با آب به منزله افزایش قابلیت کارکرد، افزایش سرعت و کاهش مصرف سوخت می باشد.

به عنوان یک قانون کلی تریم تب هاییکه در پاشنه شناور نصب می شوند هر چه بزرگتر باشند خیلی موثرتر و کارآمدتر خواهند بود. به عنوان یک تخمین اولیه برای بدست آوردن اندازه تریم تب به ازای هر ۳۰ سانتیمتر طول شناور ، ۲/۵۴ سانتیمتر عرض(کورد) تریم تب انتخاب می شود. برای مثال اگر طول قایقی ۷ متر باشد ابعاد کورد تریم تب باید در حدود ۶۰ سانتیمتر ساخته شود.

اندازه تریم تب ها به عوامل زیر بستگی دارد:

- ✓ ابعاد بدنه شناور
- ✓ نسبت وزن موتور به قدرت موتور
- ✓ سرعت شناور

با توجه به مطالب ذکر شده مزایای تریم تب را می توان بصورت زیر طبقه بندی نمود:

- از نقطه نظر کارکرد:

افزایش سرعت ، کاهش ضربات ناشی از برخورد دماغه شناور با آب ، زاویه عرضی صحیح ، جلوگیری از پدیده(porpoising) ، گشتاور مناسب پروانه

- از نقطه نظر راندمان:

کاهش مصرف سوخت ، کاهش دادن کار انجام شده توسط موتور ، از بین بردن پدیده اسکوات

- از نقطه نظر ایمنی:

بهبود دید ، کاهش تلاطم آب در پشت شناور ، هدایت بهتر قایق ، کاهش تنشهای وارد بر بدنه

تریم تب هایی که در دو طرف پاشنه شناور نصب شده اند می توانند بصورت جداگانه عمل کنند. شناور به هر سمتی که زاویه داشته باشد می توان بصورت مستقل آن را از بین برد. تریم تب بصورت غیر مستقیم بر روی تصحیح زاویه عرضی عمل می کند. برای تصحیح زاویه عرضی ، تریم تب را در طرفی که آبخور بیشتری وجود دارد پایین می آورند و این عمل باعث می شود زاویه غلتش عرضی از بین برود (شکل ۳).

اندازه صحیح زاویه تریم تب ، شناور را قادر می سازد که سرعت آن خیلی سریع تر شود و آنرا زودتر به حالت پروازی برساند. همچنین زاویه غلتش عرضی را تقریبا در هر سرعتی بدون در نظر گرفتن توزیع وزن و شرایط دریا تصحیح می نماید. کنترل تریم تب ها بصورت کاملا اتوماتیکی می باشد و میتوان فقط با فعال کردن آنها مانور را با زاویه مناسب و بدور از غلتش عرضی بزرگ و خطرناک انجام داد.

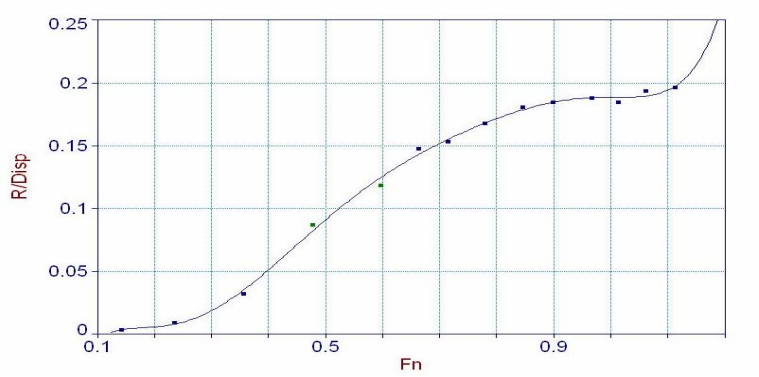
پدیده porpoising وضعیت ناپایدار و نامناسبی است که در شناورهای تندرو رخ می دهد. هنگامیکه سرعت شناور افزایش می یابد سینه شناور از آب خارج می شود تا جاییکه نیروی ناشی از گرانش و نیروی برآ سینه شناور را به طرف پایین بر می گرداند. این حالت بصورت تناوبی اتفاق می افتد و به حالت یا پدیده porpoising معروف می باشد.

برای از بین بردن این حالت کافی است که تریم تب ها به مقدار خیلی کمی کج شوند. در این حالت با توجه به اضافه شدن نیروهای ناشی از تریم تب ، تعادل گشتاورها بوجود آمده و پدیده porpoising از بین می رود.

## شرح آزمایشات

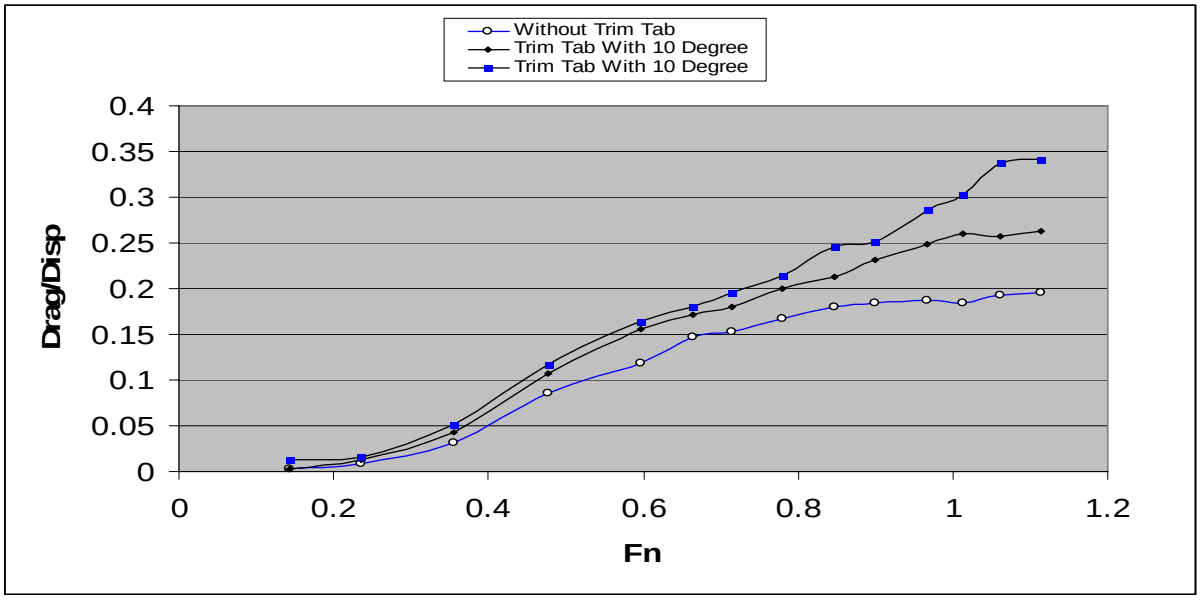
در این قسمت نتایج مربوط به انجام تست تریم تب بر روی یک شناور کاتاماران تندرو ارائه شده است. انجام تست شامل مرحله ساخت تریم تب ، نصب و در نهایت انجام تست در آزمایشگاه مهندسی دریا واقع در دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی شریف می باشد. در شکل ۴ نمایی از حوضچه آزمایشگاه و مدل نشان داده شده است. همچنین ابعاد و مشخصات اصلی حوضچه آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. مشخصات شناور کاتاماران تندرو که تریم تب های ساخته شده بر روی آن نصب شده است در جدول ۲ آورده شده است . در جدول ۳ مشخصات تریم تب های ساخته شده آورده شده است. همچنین شکل ۵ نمایی از تریم تب های ساخته شده را نشان می دهد.

در مرحله اول نمودار مقاومت شناور فوق الذکر بدون نصب تریم تب در حجم جابجایی داده شده با آزمایشهای مختلف بدست آمد که نتایج آن در شکل ۶ نمایش داده شده است. در این نمودار $F_n$ عدد فرود حجمی است که بصورت $F_n = \frac{V}{\sqrt[3]{\nabla}}$ محاسبه می شود.




**شکل ۶ : نمودار مقاومت شناور کاتاماران تندرو**

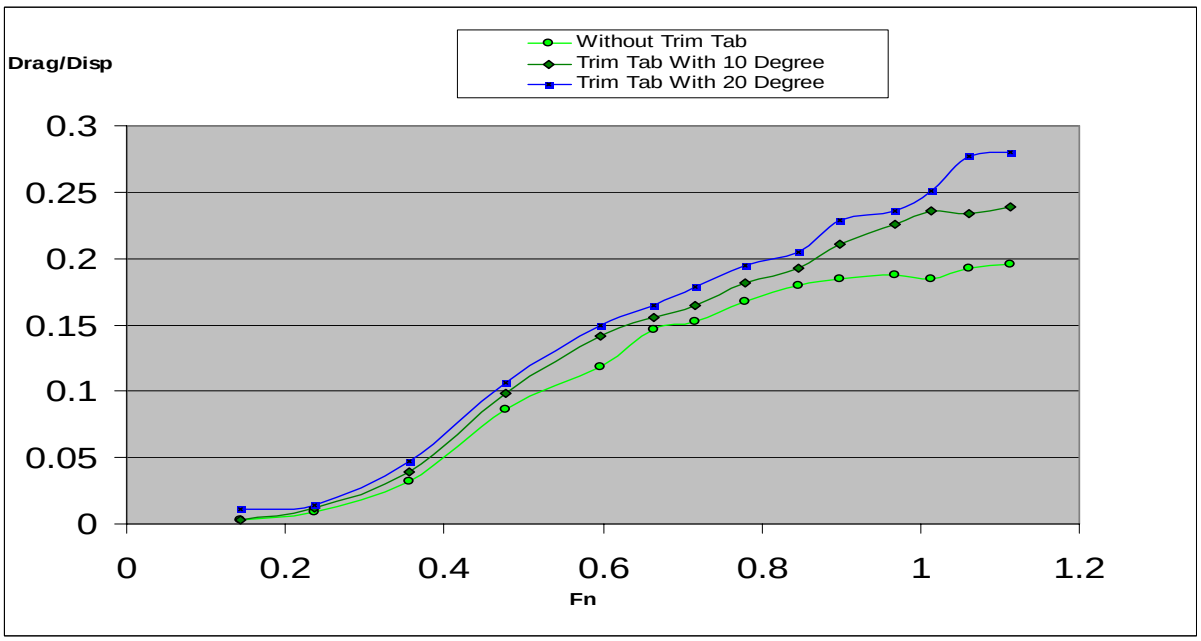
در مرحله بعد آزمایشها با نصب تریم تب صورت گرفته است. نمودارهای مقاومت شناور در حالتی که از تریم تب با کورد ۲/۵ سانتیمتر و دهانه (Span) ۴ سانتیمتر و زوایای ۱۰ و ۲۰ درجه استفاده شده در شکل ۷ ارائه شده است.




**شکل۷ : مقایسه نمودار مقاومت شناور کاتاماران تندرو در حالتهای مختلف**

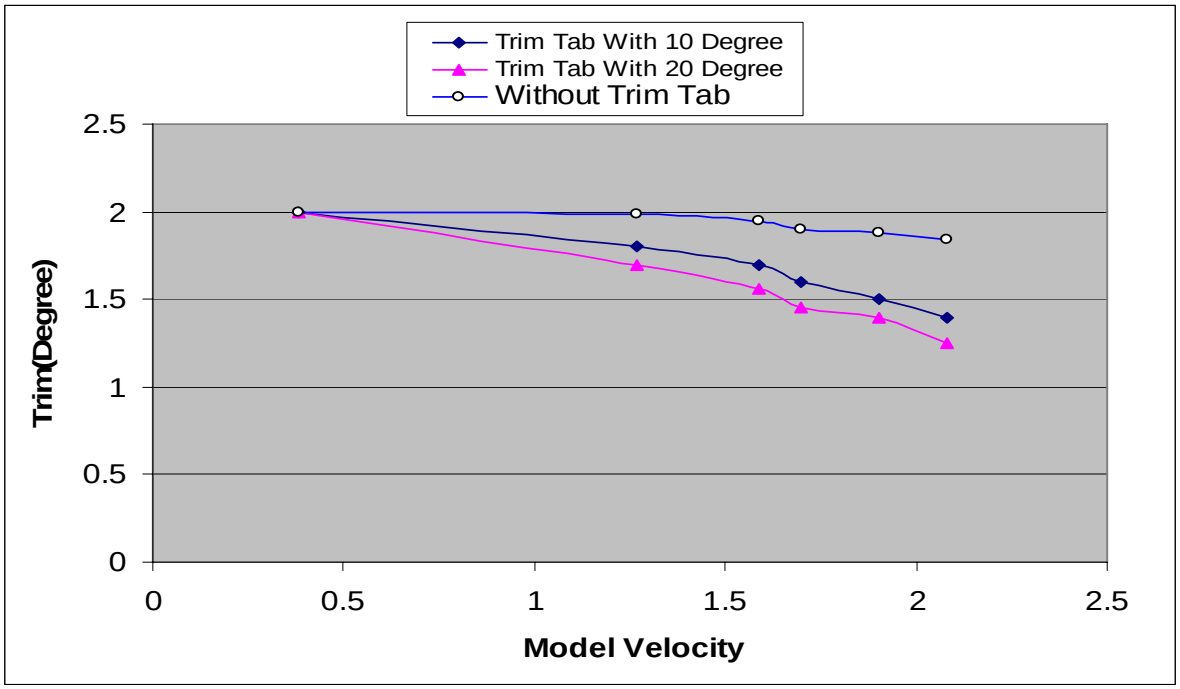
همانطور که ملاحظه می شود در حالتهای فوق مقاومت شناور بصورت قابل توجهی افزایش یافته و طبیعتا استفاده از تریم تب در شرایط فوق می تواند نامناسب باشد. البته تاثیرات مثبت آن مانند کنترل حرکات و حذف ناپایداری می تواند همچنان وجود داشته باشد.

برای درک بهتر تاثیر تریم تب بر مقاومت نمودارهای مقاومت شناور در حالت استفاده از تریم تب با کورد ۲/۵ سانتیمتر و دهانه (Span) ۲ سانتیمتر و زوایای ۱۰ و ۲۰ درجه نیز در شکل ۸ آورده شده است.

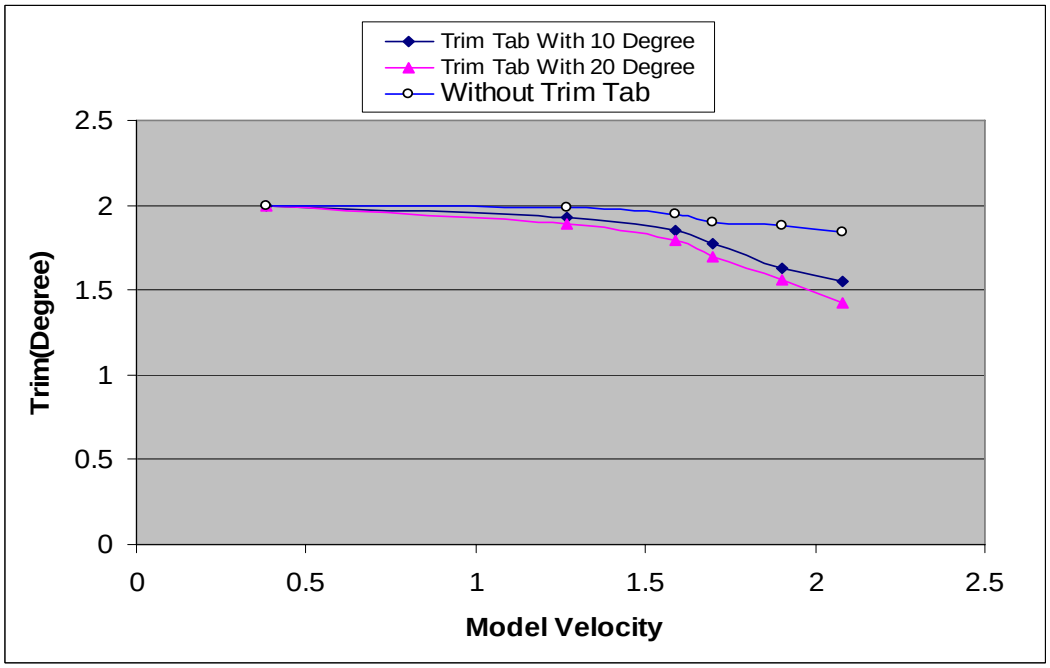



**شکل ۸ : مقایسه نمودار مقاومت شناور کاتاماران تندرو در حالتهای مختلف**

همانگونه که اشاره شد استفاده از تریم تب تاثیرات دیگری نیز دارد که یکی از آنها کنترل تریم شناور می باشد.در این قسمت نمودارهای مربوط به تغییر زاویه تریم در شکل ۹ و ۱۰ آورده شده است. لازم به ذکر است که تریم اولیه شناور ۲ درجه در نظر گرفته شده است.




**شکل ۹ : تغییر تریم شناور در حالت استفاده از تریم تب با کورد ۲/۵ سانتیمتر و دهانه (Span) ۴ سانتیمتر**




**شکل ۱۰ : تغییر تریم شناور در حالت استفاده از تریم تب با کورد ۲/۵ سانتیمتر و دهانه (Span) ۲ سانتیمتر**

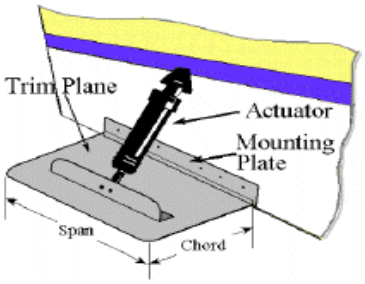
## بحث و نتیجه گیری راجع به منحنی ها

در این مقاله نحوه کار و همچنین مزایای تریم تب توضیح داده شده است . همچنین چند مدل از تریم تب ساخته شده و بر روی شناور کاتاماران تندرو تست شده و نمودارهای مقاومت و تغییر تریم شناور رسم شده است. همانطور که در نمودارهای مقاومت نشان داده شده است ، مقدار مقاومت در حالتیکه از تریم تب استفاده شده است بیشتر از حالتی است که تریم تب استفاده نشده است ولی در نمودارهای تغییر تریم شناور ، مقدار تریم شناور در حالتیکه از تریم تب استفاده شده است کمتر شده است و این نشان می دهد که تراست پروانه در حالت مستقیم تری قرار میگیرد و بر افزایش مقدار مقاومت ناشی از استفاده از تریم تب غلبه می کند.

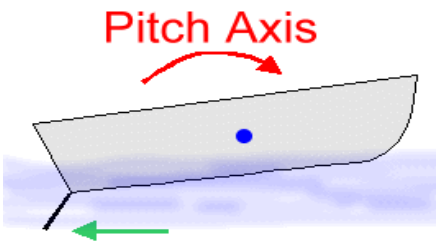
## مراجع:

1. Christopher Wright," Operational and Cost Of High-Speed Craft ", Marine Technology,Vol II,No2,March 1990,PP.104-113
2. Daniel Savitsky, " Hydrodynamic Of Design Of Planning Hull ",J. Marine Technology, Vol I , No.1, Oct.1996, PP. 71-95
3. Volker Bertram, " Pracical Ship Hydrodynamics " , ButterWorth Heinemannn,2002
4. www.TrimTab.com

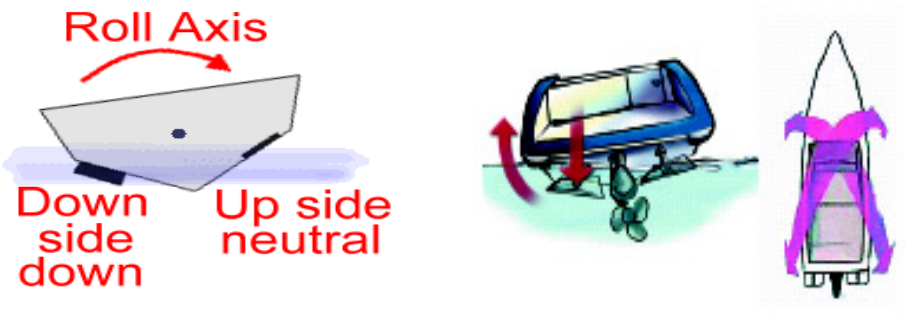
۵- پروژه کارشناسی " طراحی یک شناور مسافربری از نوع کاتاماران" ، محمد زارع ، دانشگاه صنعتی شریف ، ۱۳۸۳



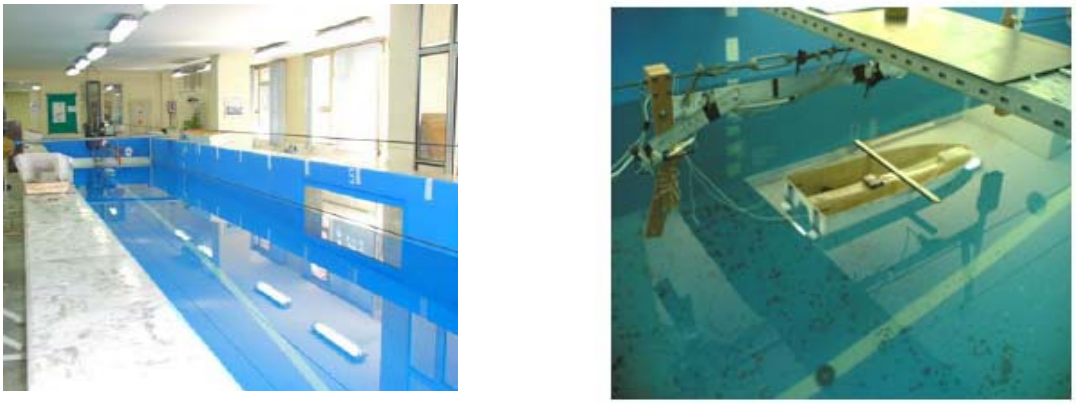

**( شکل ۱ ) : نمایش ساده تریم تب**




**( شکل ۲ ) : نیروی وارد بر تریم تب و تاثیر آن بر شناور**



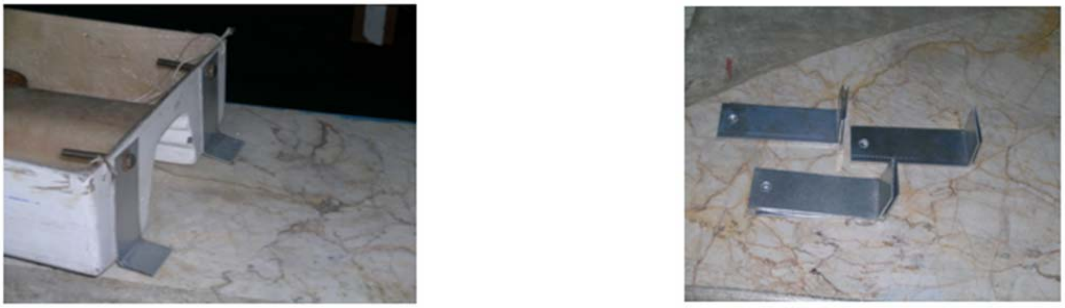

( شکل ۳ ) : نحوه تاثیر تریم تب در حذف زاویه غلتش عرضی



الف : مدل کاتاماران مورد بررسی

ب: نمایی از کانال تست آزمایشگاه

( شکل ۴ )



الف : نمونه مدل تریم تبهای مورد استفاده

ب : نمایی از نحوه نصب تریم تب بر روی مدل شناور

( شکل ۵ )

**جدول ۱ : مشخصات کانال آزمایش مورد استفاده**

| | |
|---|---|
| طول حوضچه | ۲۲ متر |
| عرض حوضچه | ۲/۵ متر |
| عمق آب | ۱/۲ متر |
| حداکثر سرعت قابل تست | ۳/۲ متر بر ثانیه |

**جدول ۲ : مشخصات مدل کاتاماران مورد بررسی**

| | |
|---|---|
| طول مدل(Length) | ۸۰ سانتیمتر |
| عرض مدل(Breadth) | ۲۶ سانتیمتر |
| آبخور مدل(Draught) | ۹/۵ سانتیمتر |
| جابجایی (Displacement) | ۳/۴۵ کیلوگرم |

**جدول ۳ : ابعاد تریم تب های مورد استفاده**

| | |
|---|---|
| تریم تب شماره ۱ ( زاویه ۱۰ و ۲۰ درجه) | |
| طول کورد (Chord) | ۲/۵ سانتیمتر |
| طول دهانه (Span) | ۴ سانتیمتر |
| تریم تب شماره ۲ ( زاویه ۱۰ و ۲۰ درجه) | |
| طول کورد (Chord) | ۲/۵ سانتیمتر |
| طول دهانه (Span) | ۲ سانتیمتر |