۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - آزمایشگاه مدل های هیدرولیکی

K. N. Toosi University of Technology - Laboratory of Hydraulics Models

LHM -Research Center
K.N.Toosi University of Technology

Laboratory of Hydraulics Models

آشنایی با آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی:

آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی به سرپرستی دکتر محمدرضا کاویانپور از سال ۱۳۸۵ با هدف انجام پروژه‌های تحقیقاتی و مشاوره‌ای مورد نیاز صنعت آب و همچنین حمایت از پایان‌نامه-های دکتری و کارشناسی ارشد در زمینه‌های مرتبط با مهندسی آب، هیدرولیک، رودخانه، سازه‌های هیدرولیکی، سازه‌های دریایی فعالیت خود را بطور رسمی آغاز کرد. این آزمایشگاه سوله‌ای به مساحت تقریبی ۲۰۰ متر مربع می‌باشد که در دانشکده مهندسی عمران قرار دارد. در این آزمایشگاه تاکنون پروژه‌های مختلف مرتبط با صنعت، پژوهشی و دانشجویی در زمینه‌های سازه‌های دریایی و سازه‌های هیدرولیکی اجرا شده است.

تجهیزات آزمایشگاهی موجود شامل، سرعت سنج سه‌بعدی (ADV) و سیستم جمع آوری و پردازش اطلاعات، سیستم لیزر خطی، سنسورهای اندازه‌گیری فشار دینامیک و نوسانات آن به همراه دستگاه‌های جمع و پردازش اطلاعات، سرورهای چند هسته‌ای برای پردازش سریع، پرینتر سه‌بعدی، فلوم شیب پذیر موج و جریان با طول ۱۵ متر و عرض ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر به همراه دستگاه تولید موج منظم و نامنظم، فلوم شیب‌پذیر موج و جریان با طول ۱۴ متر و عرض ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۵ سانتی‌متر به همراه دستگاه تولید موج منظم و نامنظم، به همراه دستگاه‌های برداشت و پردازش اطلاعات، دستگاه سرعت سنج نقطه‌ای، دستگاه تونل باد کوچک مقیاس و انواع و اقسام تجهیزات آزمایشگاهی مرتبط می‌باشد.

مسئولین آزمایشگاه:

- **سرپرست:**

دکتر محمدرضا کاویانپور (دانشیار دانشکده‌ی مهندسی عمران)

- **کارشناسان:**

۱- امید امین الرعایایی یمینی (دانشجوی دکترا)

۲- سید هومن موسوی (دانشجوی دکترا)

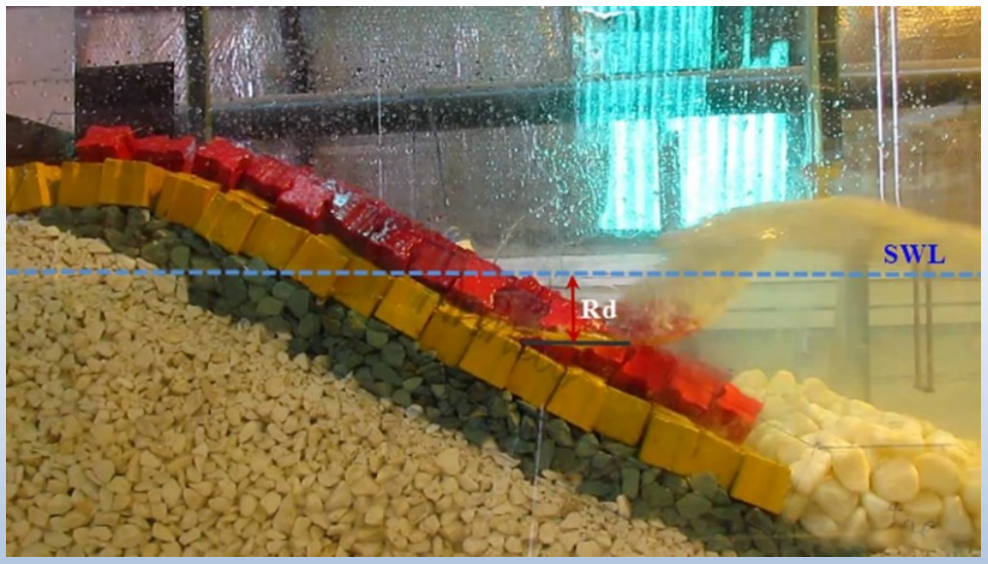
Laboratory of Hydraulics Models

۱- پروژه‌های تحقیقاتی انجام شده در آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی:

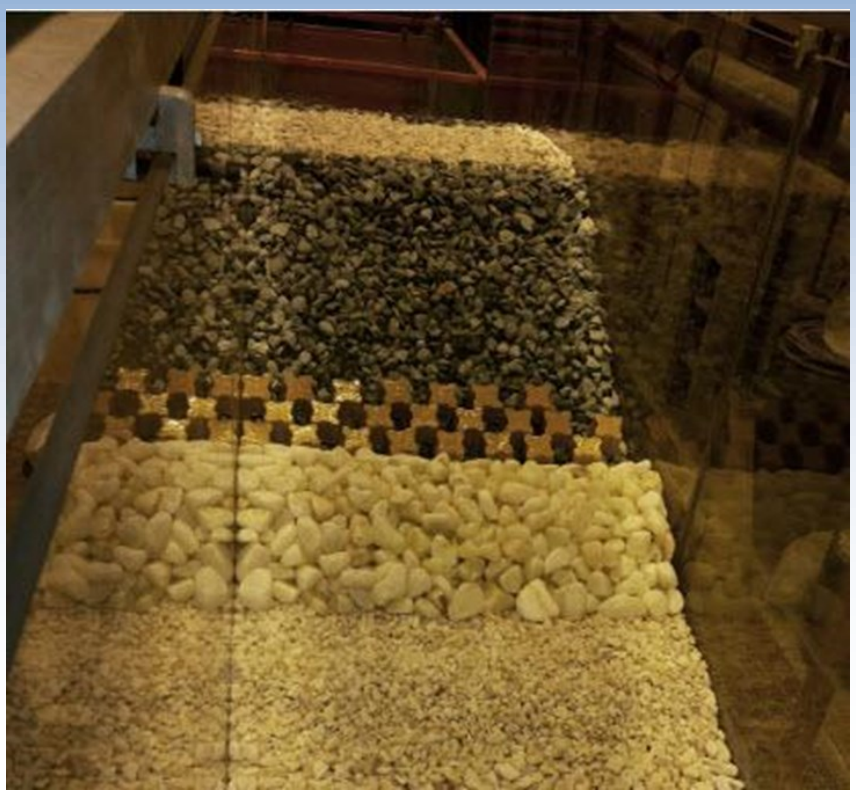
۱-۱- پروژه مدل‌سازی آزمایشگاهی موج‌شکن بندر جزیره هندورابی:

کشور ایران به دلیل دارا بودن مرزهای طولانی دریایی در شمال و جنوب و همچنین حجم وسیع مبادلات تجاری دریایی و بهره‌برداری از منابع دریایی، دارای تعداد زیادی بنادر کوچک یا بزرگ بوده و تعداد زیادی نیز در دست مطالعه یا احداث می‌باشد. در اغلب این بنادر از موج‌شکن‌های توده‌سنگی برای ایجاد حوضچه آرام بندر استفاده می‌شود، در برخی از مناطق جنوبی و شمالی کشور معادن سنگ باکیفیت مناسب در فواصل دوری از محل پروژه قرار دارد. تهیه مصالح سنگی باعث افزایش زمان پروژه، تحمیل هزینه‌های مضاعف حمل و تخریب محیط‌زیست می‌گردد.

با توجه به اهمیت پروژه طراحی و ساخت موج‌شکن‌های بندر تدارکاتی- مسافری در جزیره هندورابی ساخت مدل فیزیکی پروژه حاضر از طرف شرکت ساختمانی بهمبر به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی واگذار گردیده و هدف اصلی آن مدل‌سازی و بررسی آزمایشگاهی پوشش‌های بلوک بتنی آنتی‌فر در بکارگیری موج‌شکن بندر جزیره هندورابی می‌باشد.



شکل ۱- نمایی از برخورد امواج به مقطع موج‌شکن با پوشش بلوک‌بتنی آنتی‌فر



شکل ۲- مراحل ساخت هسته، فیلتر، پاشنه و قرارگیری آرمورها در مدل آزمایشگاهی

شکل ۳- محل جانمایی سیستم اندازه گیری میزان روگذری امواج و نمایی از چیدمان بلوک‌ها

۱-۲- پروژه مدل‌سازی آزمایشگاهی رفتار ژئوبگ‌ها به عنوان پوشش موج‌شکن‌ها و سواحل:

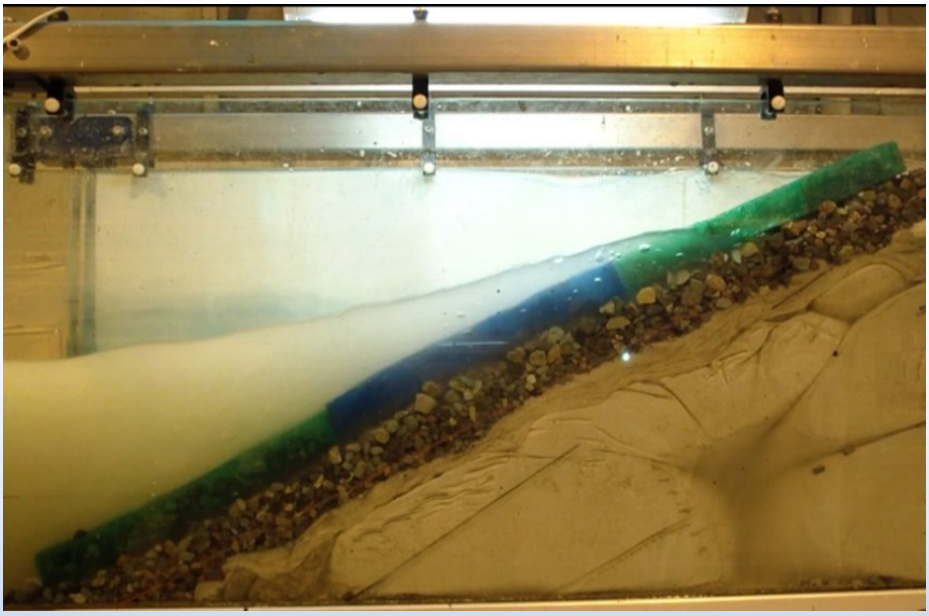
در کشور ما با توجه به لزوم استفاده از مصالح نوین، استفاده از مصالح ژئوسنتتیکی در پروژه‌های عمرانی گسترش یافته است. یکی از موارد استفاده مصالح ژئوسنتتیکی کاربرد آن در سازه‌های دریایی می‌باشد. در برخی از مناطق کشور اجرای موج‌شکن و سازه‌های حفاظت از ساحل با استفاده از مصالح سنگی توجیه پذیر نبوده و لذا جایگزین کردن مصالح دیگر بجای مصالح سنگی گزینه مناسبی می‌باشد. همچنین در برخی از نواحی ساحلی به دلیل شرایط اقلیم موج منطقه که امواج کم ارتفاع و با انرژی کم می‌باشد، می‌توان از مصالح جایگزین مانند پوشش‌های ویژه (مانند ژئوتیوب و ژئوبگ و ...) در سازه‌های ساحلی و حفاظت از ساحل استفاده کرد.

طرح ساخت بنادر کوچک مردمی در سواحل و جزایر جنوبی کشور در راستای گسترش عدالت و توسعه نواحی محروم در دستور کار دولت محترم قرار گرفته و از این رو با شرایط مختلف طراحی و اجرا در این مناطق مواجه هستیم؛ بنابراین طرح جایگزینی پوشش‌های حفاظ موج‌شکن‌ها و بررسی این پوشش‌های ویژه اهمیت دارد. این پروژه تحقیقاتی از طرف قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء(ص)– قرب نوح (ع)- مؤسسه مهندسین مشاور ساحل به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی واگذار گردید و هدف اصلی آن مدل‌سازی و بررسی آزمایشگاهی پایداری این پوشش‌های ویژه در برابر امواج می‌باشد.

شکل ۴- نمایی از برخورد امواج از مقطع موج‌شکن با پوشش ژئوبگ

۱-۳- پروژه مدل‌سازی آزمایشگاهی گابیون مترس‌ها به عنوان پوشش‌جدید برای موج‌شکن‌ها و حفاظت از سواحل:

گابیون‌ها پوشش‌های ترکیبی از شبکه‌های ژئوگرید برای نگه داشتن مصالح دانه‌ای ساخته‌شده و به شکل پیوسته در کنار هم قرار داده می‌شوند. در مقایسه با پوشش‌های سنتی ریپ رپ، گابیون‌ها نیروی امواج را در کل طول سازه پخش کرده و استفاده از شبکه‌ی ژئوگرید سبب می‌شود که سنگ‌دانه‌های داخل گابیون به صورت گروهی عمل کنند. بنابراین طرح جایگزینی پوشش‌های محافظ موج‌شکن‌ها با گابیون مترس‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر این اساس پروژه تحقیقاتی حاضر از طرف قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء (ص) – قرب نوح (ع)- موسسه مهندسین مشاور ساحل به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی واگذار گردید که این پروژه با موفقیت به اتمام رسید.



شکل ۵- نمایی از بالاروی امواج از مقطع موج‌شکن با پوشش گابیون مترس‌ها

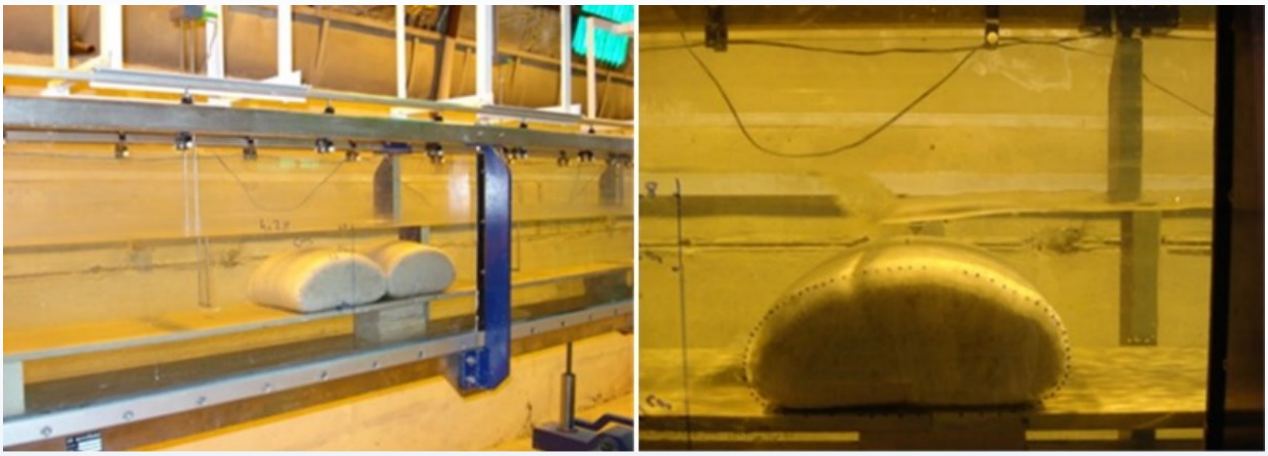
۱-۴- پروژه مدل‌سازی آزمایشگاهی بلوک‌های بتنی به هم پیوسته (ACB) به عنوان پوشش جدید برای موج‌شکن‌ها و حفاظت از سواحل:

اگر برداشت سنگ از معدن به دلایلی مثلاً فاصله زیاد اقتصادی نباشد یا سنگ‌های باکیفیت مناسب وجود نداشته باشد، می‌توان از بلوک‌های بتنی استفاده نمود. بلوک‌های بتنی به جای آرمورهای بسیار سنگین استفاده می‌شوند. به طور کلی بلوک‌های سنگی سنگین‌تر از ۱۰ الی ۱۵ تن به ندرت یافت می‌شوند می‌توان به جای آرمورهای سنگی بسیار سنگین از بلوک‌های بتنی سبک‌تر استفاده کرد، زیرا ضریب پایداری بلوک‌های بتنی بیشتر از قطعات سنگی است. برای افزایش سرعت اجرا و کاهش وزن بلوک‌های بتنی منفرد می‌توان بلوک‌های بتنی را به صورت مترس به یکدیگر متصل نمود که در این صورت بلوک‌های بتنی به هم پیوسته می‌توانند به عنوان پوشش بر روی بدنه موج‌شکن و یا حفاظت از سواحل به کار گرفته شوند. بلوک‌های به هم پیوسته بتنی نوعی پوشش انعطاف‌پذیر از بلوک‌های بتنی به شکل‌های مختلفی است که میتواند به عنوان پوشش از بدنه موج‌شکن‌ها محافظت می‌نمایند. ژئوتیوب در محل مورد نظر مستقرشده و درون آن با استفاده از ماسه بستر دریا پر می‌شود و سپس لایه پوشش محافظ بلوک‌های به هم پیوسته بتنی اجرا می‌گردد. بدین ترتیب سرعت اجرای پروژه افزایش می‌یابد و با توجه به فاصله معدن سنگ می‌تواند کاهش هزینه پروژه را در پی داشته باشد. بر این اساس پروژه تحقیقاتی در همین غالب از طرف قرارگاه سازندگی خاتم‌الانبیاء (ص) – قرب نوح (ع)- موسسه مهندسین مشاور ساحل به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی واگذار گردید که این پروژه با موفقیت به اتمام رسید.

شکل ۶- نمایی از بالاروی امواج از مقطع موج‌شکن با پوشش بلوک‌های بتنی به هم پیوسته

۱-۵- پروژه ارزیابی رفتار ژئوتیوب تحت بارهای دینامیکی در سواحل:

امروزه استفاده از ژئوسینتتیک‌ها (Geosynthetics) از قبیل ژئوتکستایل (Geotextiles)، ژئوگرید (Geogrids) ژئوممبرین (Geomembranes) ژئونت (Geonets) در مهندسی عمران گسترش پیدا کرده است. یکی دیگر از این مواد که امروزه در کارهای ساحلی و دریایی استفاده فراوانی از آن می‌شود، ژئوتیوب(Geotube) می‌باشد. ژئوتیوب متشکل از چندین صفحه ژئوسینتتیک به هم دوخته شده‌اند که قادر به تحمل فشار اسلاری (ماده پرکننده) داخل آن می‌باشد. از ژئوتیوب برای ساخت دایک‌های ساحلی، پوشش‌های ساحلی، حفاظت از ساحل، جتی و موج‌شکن استفاده می‌شود. در این پروژه اثر ژئوتیوب در کاهش ارتفاع موج بصورت آزمایشگاهی بررسی شده است.

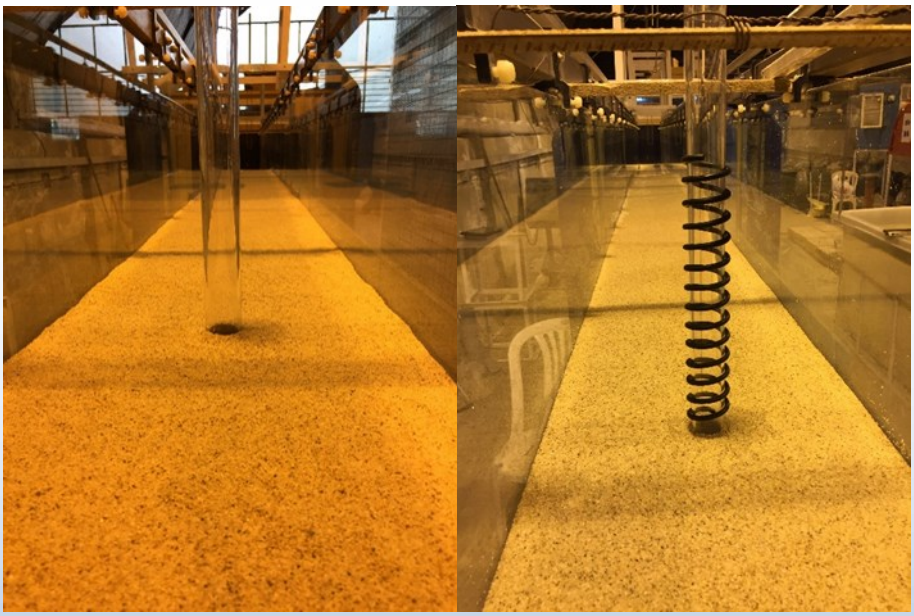


شکل ۷- نمایی از مدل‌سازی رفتار ژئوتیوب تحت بارهای دینامیکی

۱-۶- بررسی آزمایشگاهی تاثیر دورپیچ بر آبشستگی اطراف پایه‌ی پل‌ها:

پل یکی از مهمترین سازه‌های مهندسی است که برای گذر از عرض رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. وجود پایه پل در جریان رودخانه باعث برهم زدن الگوی طبیعی جریان و افزایش تنش برشی بستر اطراف پایه می‌شود که در نتیجه پدیده شستگی بستر اطراف پایه رخ خواهد داد. آبشستگی بستر اطراف پایه پل باعث ناپایدار شدن پایه پل و در نهایت باعث تخریب کل سازه پل می‌شود. آبشستگی حول پایه پل یکی از مهمترین عوامل خرابی پل‌ها گزارش شده است. لذا بررسی راه‌های مقابله با آبشستگی اطراف پایه پل از اهمیت فراوانی برخوردار است.

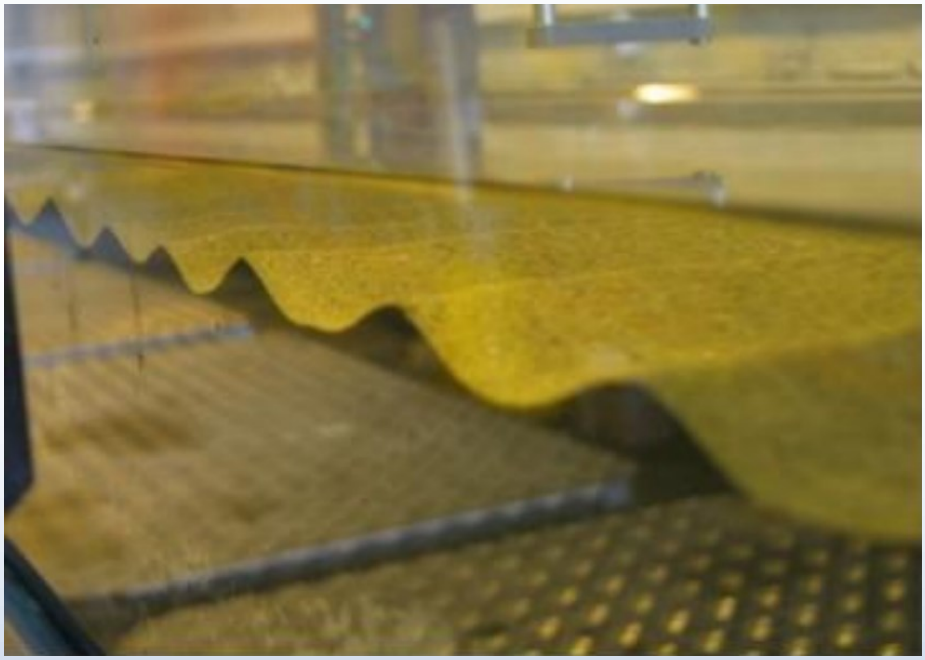
در این پروژه تأثیر استفاده از دورپیچ روی میزان عمق و نرخ آبشستگی بررسی شده است. همچنین هندسه بهینه برای این دورپیچ مورد مطالعه آزمایشگاهی قرار گرفته شده است. آبشستگی حول پایه استوانه‌ایی و روی بستر رسوب غیر چسبنده (ماسه) انجام شده است.



شکل ۸- نمایی از مدل‌سازی فیزیکی بررسی آب‌شستگی پایه پل

۱-۷- پروژه بررسی آزمایشگاهی افت ارتفاع موج و انتقال رسوبات ریزدانه:

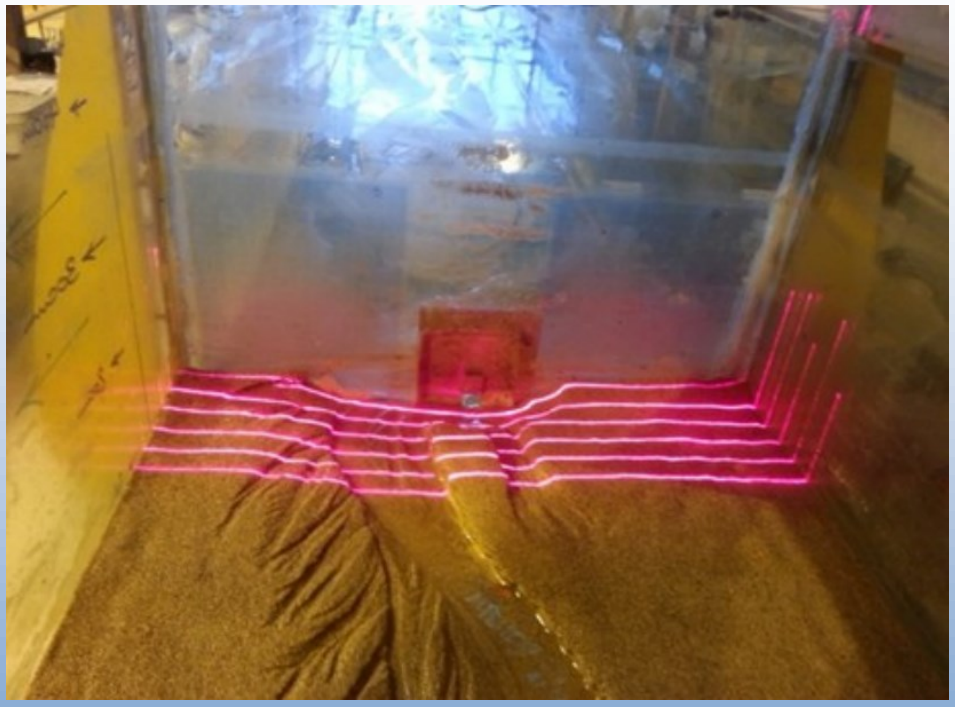
گرچه سواحل پوشیده از رسوبات ریزدانه چسبنده چندان فراوان نیستند، اما نمونه‌هایی در بسیاری از مناطق ساحلی جهان یافت می‌شوند که معمولاً درنزدیکی رودخانه‌های بزرگ قرار دارند. سطح بستر چنین سواحلی اغلب با لایه‌های خاصی از رسوبات نرم پوشیده شده‌است. همچنین نمونه‌های فراوانی از سواحل لجنی که معمولاً در نزدیکی رودخانه‌های بزرگ قرار دارند، وجود دارد. از جمله این مناطق دریای آریاکه در ژاپن، خلیج سانفرانسیسکو، سواحل لویزیانای غربی، سواحل غربی شبه جزیره مالزی و سواحل شمالی چین می‌باشد. در این پروژه مدل‌سازی کاهش ارتفاع امواج با انجام یک سری بررسی‌های آزمایشگاهی در فلوم موج بر روی کائولینیت تجاری مورد مطالعه قرار گرفته است.



شکل ۹- نمایی از مدل‌سازی فیزیکی در حین انجام آزمایش

۱-۸- مدل‌سازی تخلیه رسوب مخزن سد (فلاشینگ):

در بحث تخلیه رسوب انباشت شده پشت روزنه‌ها یکی از روش‌های پر بازده رسوب شویی یا فلاشینگ می‌باشد. فلاشینگ در تخلیه سدها به دو قسمت فلاشینگ تحت فشار و آزاد تقسیم می‌شود. بدین منظور از فلوم آزمایشگاهی و سیستم لیزر خطی برای ساخت مدل فیزیکی استفاده گردید و پارامترهای مؤثر بر فلاشینگ تحت فشار شامل هد آب، ابعاد روزنه، نوع رسوب و همچنین ارتفاع رسوب پشت روزنه مورد مطالعه‌ی آزمایشگاهی قرار گرفت. با تغییرات ارتفاع آب در مخزن، ارتفاع رسوبات با دانه‌بندی متفاوت، اثر تغییرات ابعاد هندسه روزنه مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی مدل فلاشینگ در حالت‌های رسوب در کف دهانه و همچنین دهانه مستغرق در رسوب نتایج مطلوبی به‌همراه داشت و عوامل مؤثر بر رسوب‌شویی در این شرایط بررسی گردید. از جمله نتایج حاصل شده از آزمایش می‌توان به تأثیر حداکثری دبی خروجی بر فلاشینگ تحت فشار اشاره کرد. از پارامترهای مؤثر دیگر می‌توان به ابعاد روزنه و دانه‌بندی رسوب و ارتفاع آب اشاره کرد. تأثیر پذیری عمق، عرض و ارتفاع حفره رسوب شویی که از مشخصه‌های رسوب شویی محسوب می‌شوند از متغیرهای آزمایشگاهی متفاوت است. به طور مثال تغییر ابعاد روزنه تأثیر کمی بر عمق آبشستگی دارد اما بر عرض آبشستگی بسیار تأثیر گذار است.



شکل ۱۰- نمایی از مدل‌سازی تخلیه رسوب مخزن سد

۲- تجهیزات موجود در آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی:

۲-۱- فلوم شیب‌پذیر موج-جریان

آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی مجهز به دو دستگاه فلوم شیب پذیر موج و جریان یکی با طول ۱۲ متر و عرض ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر و دیگری با طول ۱۴ متر و عرض ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۵ سانتی‌متر به همراه دستگاه تولید موج منظم و نامنظم بصورت پارویی می‌باشد که توانمندی این آزمایشگاه را درانجام پروژه‌های دریایی و هیدرولیکی بسیار بالا برده است.

شکل ۱۱- نمایی از فلوم‌های مذکور

شکل ۱۲- نمایی از مولدهای موج

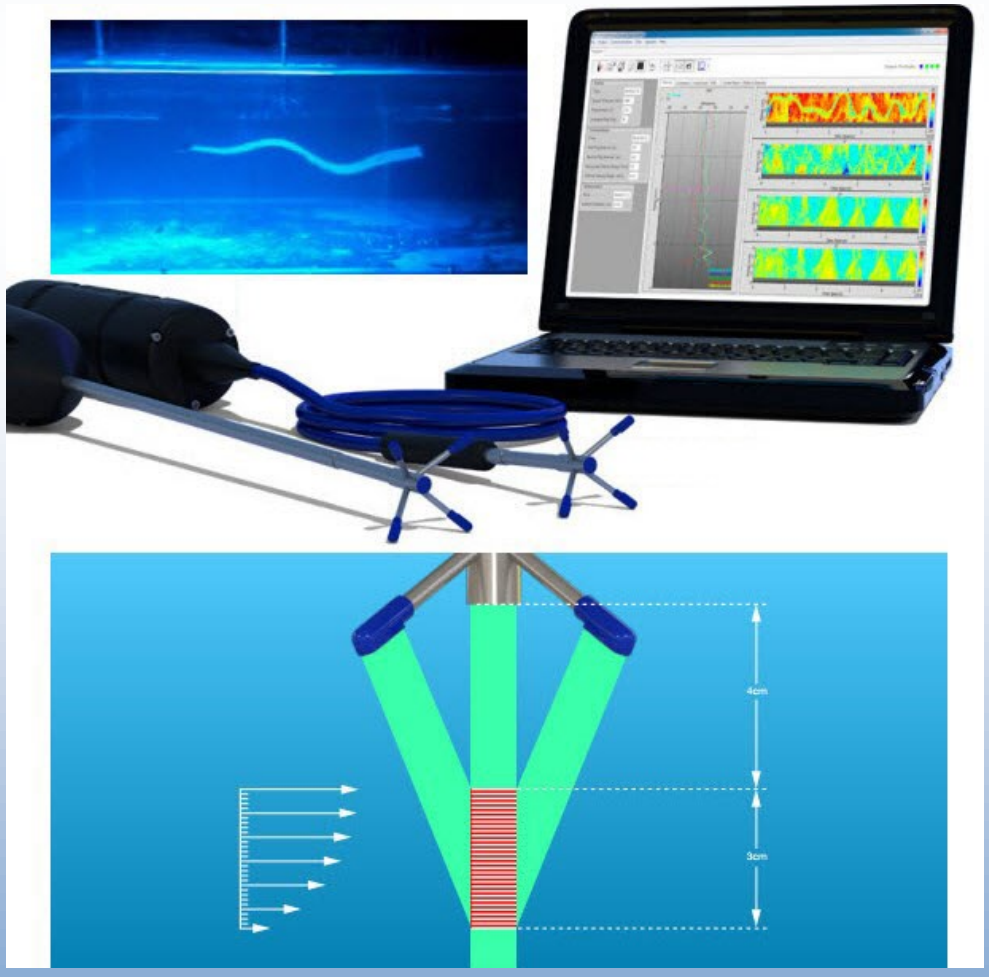
۲-۲- سیستم ثبت ارتفاع موج (Wave Gauge) و پردازش اطلاعات

تغییرات ارتفاع، پریود و کلیه مشخصات امواج توسط سیستم HR Wallingford با گیج موج از نوع Conductive Wave Gauge و ماژول ۸ کاناله ثبت می‌شود. هر گیج شامل دو میله موازی فولادی ضد زنگ می‌باشد که ابتدا و انتهای آن با قطعه پلاستیکی ثابت‌شده‌اند. میله کالیبره و قسمت نگه‌دارنده در قسمت بالای گیج قرارگرفته‌اند. حداکثر طول گیج‌های موجود در آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی ۶۰۰ میلی‌متر می‌باشد که با اندازه‌گیری جریان بین دو میله فولادی گیج که در آب فرو رفته است عمل می‌کند. جریان اندازه‌گیری شده توسط گیج‌ها به صورت ولتاژ خروجی تبدیل می‌شود. کالیبراسیون هر گیج به وسیله اندازه‌گیری تغییرات در ولتاژ خروجی در اثر جابجایی رو به بالا و پایین گیج به میزان مشخص در تراز آب ساکن انجام می‌گیرد. خروجی آنالوگ ثبت‌شده توسط ماژول موج به وسیله یک سیستم ثبت داده به صورت خروجی دیجیتال بر روی کامپیوتر تبدیل می‌شود. دستگاه ثبت‌کننده موجود قادر است داده‌ها را با فرکانس بالا (۵۰ هرتز) ثبت کند. همچنین از طریق نرم‌افزار موجود آنالیز آماری و طیفی بر روی‌داده‌های به‌دست آمده انجام می‌گیرد و پارامترهای آماری و طیفی امواج ارائه می‌گردد.

شکل ۱۳- نمایی از ماژول ۸ کاناله، سنسور ثبت ارتفاع موج و نرم‌افزار تحلیل داده‌ها

۲-۳- سرعت سنج سه‌بعدی (ADV)

به منظور اندازه گیری مولفه‌های سرعت و تعیین الگوی سه بعدی جریان و جهت مطالعه نوسانات سریع سرعت در آزمایشگاه و یا در اقیانوس از دستگاه سرعت سنج سه بعدی Nortek که یکی از پیشرفته ترین انواع سرعت‌سنج‌های Acoustic Doppler Velocimeter می‌باشد، استفاده می‌گردد. این ابزارها دارای سه بازوی متمرکز یا بیشتر برای اندازه‌گیری با نرخ نمونه برداری بالا در یک نقطه کوچک می‌باشند و بر اساس نحوه استقرار probe آن، یعنی قسمتی که شاخک های مربوط به دریافت سیگنال های بازگشتی ناشی از برخورد به ذره معلق در آب به آن متصل است، در داخل سیال به دو نوع side looking (جانب نگر) و down looking (پایین نگر) تقسیم می شود که برای اندازه گیری در قسمت های مختلف میدان به کار می رود. از این سیستم می‌توان در تعیین رفتار هیدرودینامیکی امواج و جریان در نزدیکی سازه‌های دریایی و هیدرولیکی استفاده نمود.



شکل ۱۴- نمایی از دستگاه سرعت سنج سه بعدی (ADV) و نرم افزار سنجش داده ها

۲-۴- سنسورهای اندازه گیری فشار دینامیک (Pressure Transducer)

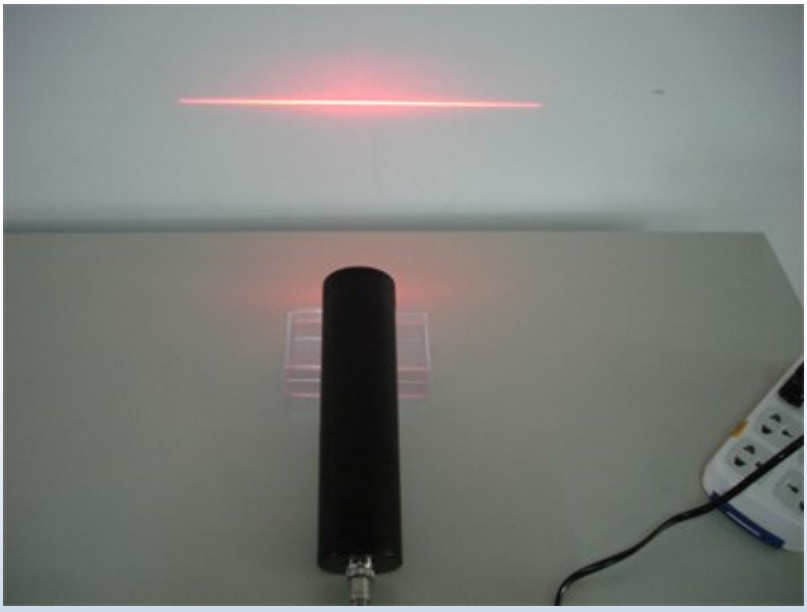
بررسی نوسانات از آنجا دارای اهمیت می‌باشد که می‌تواند عامل مهمی در صدمات جدی وارد به سازه‌های آبی باشد. تلاطم شدید جریان در جهش هیدرولیکی به همراه تمرکز انرژی در اطراف یک فرکانس بحرانی می‌باشد. آثار تخریبی نوسانات فشار که بر روی مستهلک کننده‌های انرژی اتفاق می‌افتد بسیار مشهود و ممکن است باعث ارتعاش سازه گردد. صدمات ایجاد شده به برخی از سرریزهای شوت و مستهلک کننده‌ها در شرایط سیلابی موجب توجه بر اهمیت شناخت فشارهای دینامیکی در برآورد نیروهای دینامیکی و به تبع آن طراحی پوشش آن‌ها گردیده است.

سنسورهای مینیاتوری موجود در آزمایشگاه برای اندازه‌گیری فشار دینامیک با دقت بالا و با حداکثر عملکرد و حداقل اندازه و وزن ساخته و طراحی شده است. سنسورهای فشار دینامیکی با توسعه و بکارگیری مواد پیزوالکتریک دارای توانمندی های استثنایی هستند که در پروژه‌های مختلف مدل‌سازی آزمایشگاهی قابل کاربرد هستند.

شکل ۱۵- نمایی از سنسور اندازه‌گیری فشار (Pressure Transducer)

۲-۵- سیستم لیزر خطی

دستگاه لیزر ناشر پرتوی خطی از ۵ لیزر سری ۵۰۰ میلی وات با طول موج ۶۶۰ نانومتر و با عدسی شکست نور ۹۰ درجه تشکیل شده است. فاصله محور به محور این دستگاه ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شده و از لحاظ رسانش گرمایی دستگاه طوری طراحی شده که بدنه آن حرارت را جذب و لیزرها را خنک می‌کند. توانایی پرتوزایی بالغ بر دو ساعت از دیگر ویژگی‌های دستگاه محسوب می‌شود.
کالیبراسیون دستگاه با ابزار دقیق محاسباتی تعیین و تا ارتفاع ۳ متر پخش نور جزیی و قابل قبول است.
استفاده از ورق گالوانیزه امکان استفاده از دستگاه را در محیط‌های مرطوب فراهم کرده است.
این دستگاه جهت برداشت تغییر پروفیل ناشی از تخلیه رسوب مخزن و تغییرات بسترهای فرسایش پذیر در آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۱۶- نمایی از دستگاه لیزر خطی

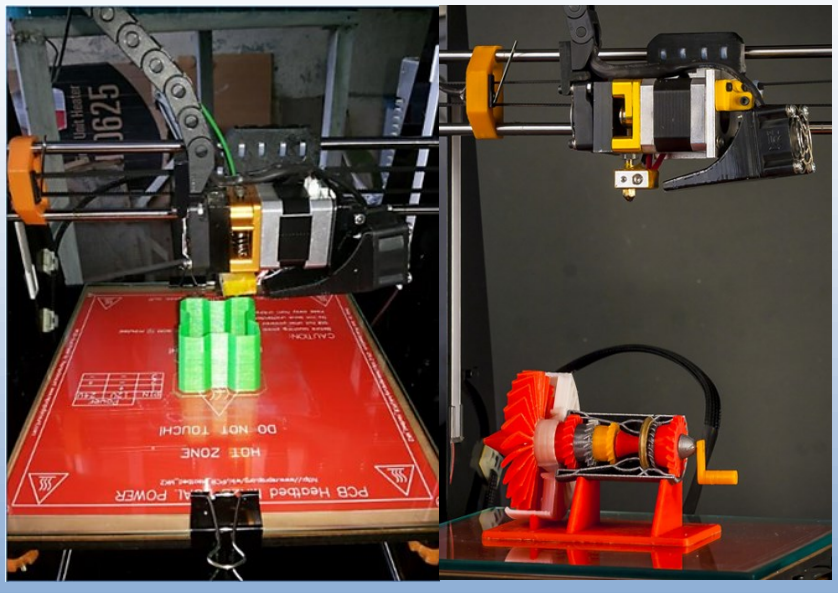
۲-۶- چاپگر (پرینتر) سه بعدی

چاپگر سه بعدی یکی از فناوری های نوظهور است و این قابلیت را ایجاد می کند که هر گونه جسم سه بعدی را با هر نوع پیچیدگی تولید کند و برای این کار لازم است تنها شکل مورد نظر در یکی از نرم افزارهای سه بعدی ساز طراحی و بعد آن را با متریال‌های مختلف چاپ کرد.

تمامی سازندگان و تولیدکنندگان صنعتی برای تست محصولات خود، نیاز به پیش تولید آن به منظور تکمیل و برطرف نمودن نقص‌های احتمالی دارند. امروزه چاپ سه بعدی این امکان را فراهم کرده که در کوتاه‌ترین زمان، کم‌ترین هزینه و صرف نظر از پیچیدگی‌های نمونه، پیش تولید را انجام دهند.

روش کار پرینتر سه بعدی به صورت لایه به لایه و افزایشی است. بدین صورت که متریال به صورت لایه به لایه و به مقدار مشخص که در اکثر روش‌ها به اندازه‌هایی در مقیاس میکرون می‌باشد (۵ تا ۴۰۰ میکرون) بر روی هم قرار داده می‌شوند و با شکل گیری هر لایه، لایه بعدی بر روی آن قرار می‌گیرد و تا شکل گیری آخرین لایه این مکانیزم ادامه می‌یابد و چون تحت تاثیر دما، لایه‌ها بر روی هم قرار می‌گیرند و یک جوش قوی بین قطعات ایجاد می شود و باعث می‌شود قطعه کار ساخته شده استحکام لازم را داشته باشد.

آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی دارای یک دستگاه چاپگر سه بعدی می‌باشد که با کمک آن قطعات مورد نیاز در آزمایشات مختلف را در محل و به سرعت تولید می‌کند. با استفاده از این چاپگر سه‌بعدی می‌توان قالب‌های آرمورهای بتنی مختلف همانند Xbloc، Tetrapod، Antifer و ... را تولید نمود.



شکل ۱۷- نمایی از دستگاه چاپگر سه‌بعدی در حین ساخت قالب بلوک بتنی Antifer

۲-۷- سیستم‌های پردازش سریع

آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی مجهز به دو عدد سیستم پردازش سریع می‌باشد که قادر هستند مسائل علمی و مهندسی را که نیاز به محاسبات قوی و پیچیده دارد حل نمایند. آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی با توجه به امکانات خود هم از لحاظ سیستم‌های پردازش سریع و هم از لحاظ نیروهای کارآمد که عمدتا از دانشجویان دکترای دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشند، توانایی مدل سازی عددی کلیه مسائل هیدرولیکی موجود در پروژه‌های سدسازی، پل‌سازی، ساخت بنادر، سکوهای نفتی، راهسازی و از این قبیل موارد را دارا می‌باشد. با استفاده از این سیستم‌ها می‌توان مدل‌سازی‌های سه بعدی عددی در مقیاس بزرگ در نرم‌افزارهای همانند Flow3D، Fluent، MIKE و ... انجام داد.

شکل ۱۸- نمایی از سرورهای موجود در آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی

۲-۸- دستگاه سرعت سنج نقطه‌ای

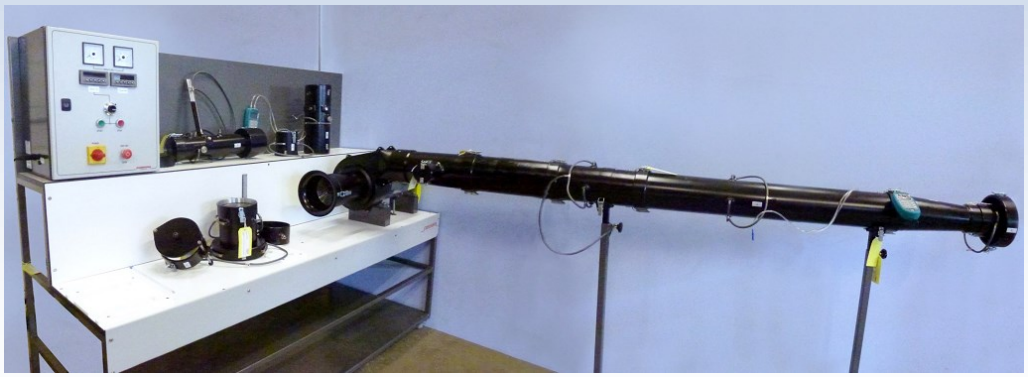
دستگاه جریان سنج نقطه‌ای، به عنوان دستگاهی قابل حمل برای اندازه‌گیری لحظه‌ای سرعت جریان به کاربرده می‌شود. این دستگاه دارای یک پرینتر خاص است که سرعت را به صورت لحظه‌ای بر روی کاغذ مدرج آن ثبت می‌نماید. موارد اصلی کاربرد دستگاه به شرح زیر می‌باشند:

- اندازه‌گیری سرعت حرکت جریان آب رودخانه
- اندازه‌گیری سرعت حرکت سیال داخل کانال‌ها و فلوم‌های آزمایشگاهی

شکل ۱۹- نمایی از دستگاه سرعت سنج نقطه‌ای

۲-۹- دستگاه تونل باد کوچک مقیاس

این دستگاه دارای یک فن مماس که به طور مستقیم از یک موتور القایی تک فاز تغذیه می شود، جریان هوا لازم برای آزمایشات را فراهم می‌کند. فن قادر به ارائه یک جریان با دبی ۵۰۰ لیتر/ثانیه در فشار استاتیک تا ۸۰۰ پاسکال است.



شکل ۲۰- نمایی از دستگاه تونل باد کوچک مقیاس

۳- خدمات ساخت و طراحی

آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی با توجه به تجربیاتی که در زمینه ساخت فلوم‌های آزمایشگاهی و سیستم‌های تولید امواج در سال‌های اخیر کسب نموده‌است، آمادگی لازم را جهت ارائه خدمات ساخت و طراحی تجهیزات آزمایشگاهی در زمینه‌ی مدل‌های هیدرولیکی را به سایر مراکز پژوهشی، تحقیقاتی و صنعتی را دارد. لازم به ذکر است، سیستم تولید امواج موجود در آزمایشگاه توسط کارشناسان آزمایشگاه طراحی و ساخته شده‌است که درخواست ساخت این تجهیزات مورد استقبال دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی مختلف قرار گرفته است. بخشی از خدمات تخصصی قابل ارائه به شرح زیر می‌باشد:

- طراحی و ساخت فلوم با قابلیت شیب‌پذیری با ابعاد دلخواه
- طراحی و ساخت، نصب و راه‌اندازی دستگاه مولد موج (Wave Maker) با قابلیت تولید موج منظم و نامنظم
- نصب و راه‌اندازی مخازن مورد نیاز برای ایجاد سیستم سیرکولاسیون به همراه تجهیزات نگهداری
- نصب و راه‌اندازی دستگاه ارتفاع سنج موج (Wave Probe) به همراه سیستم برداشت و آنالیز داده‌ها (Data Logger)

K. N. Toosi University of Technology

LHM -Research Center
K.N.Toosi University of Technology

Laboratory of Hydraulics Models

K. N. Toosi University of Technology

LHM-Research Center

آدرس: تهران، خیابان ولیعصر، تقاطع میرداماد، روبروی ساختمان اسکان، شماره ۱۳۴۶، دانشکده‌ی مهندسی عمران، آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
کد پستی: ۱۶۶۹۷۶۴۴۹۹

تلفن : ۸۸۷۷۹۴۷۵ داخلی ۲۵۸
فکس: ۸۸۷۷۹۴۷۶
موبایل: ۰۹۱۲۶۸۵۷۹۶۸

ایمیل ۱: h.mousavi@mail.kntu.ac.ir
ایمیل ۲: o.aminoroaya@sina.kntu.ac.ir
وبسایت: www.LHM.civil.kntu.ac.ir