



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی ، گروه مهندسی عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M. Sc)

گرایش : آب

**عنوان :**

استفاده از ژئوتیوب در موج شکن های توده سنگی و اثر آن بر روی موج

**استاد راهنما:**

دکتر محمدرضا کاویانپور

**استاد مشاور:**

دکتر فرزین صمصامی

**پژوهشگر:**

رسول غلامرضایی

زمستان ۱۳۹۱



# ISLAMIC AZAD UNIVERSITY

Central Tehran Branch

Faculty of Technical And Engineering – Department of Civil  
Engineering

‘‘M.Sc’’ Thesis

## **On Water Engineering**

Subject :

The use of geotube for rubble mound breakwaters and its effects on wave  
characteristics

Advisor :

Dr. Mohammadreza Kavianpour

Reader :

Dr. Farzin Samsami

By :

Rasool Gholamrezaei

Winter 2013

# تشکر و قدردانی:

بدین وسیله از آقایان:

دکتر محمدرضا کاویانپور به دلیل در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی و قبول زحمت راهنمایی پایان نامه صمیمانه تشکر می نمایم.

همچنین از آقای دکتر فرزین صمصامی که در تمام مراحل انجام آزمایشات و تدوین پایان نامه اینجانب را همراهی و راهنمایی نمودند سپاسگزاری می نمایم.

از همکاران و دوستان در :

شرکت ماناصنعت

و

مهندسین مشاور ساحل

جهت همکاری و در اختیار قرار دادن اطلاعات مفید قدردانی می نمایم.

تقدیم بہ :

پدر و مادر عزیزم

صفحه	عنوان
۱	چکیده
	فصل اول: کلیات طرح
۲	۱-۱ بیان مسأله
۲	۲-۱ هدف های تحقیق
۲	۳-۱ روش تحقیق
	فصل دوم : تئوری امواج
۴	۱-۲ مقدمه
۷	۲-۲ سرعت، طول موج و پریود موج
۸	۳-۲ امواج نامنظم
۱۱	۴-۲ روش تحلیل قطار موج
۱۱	۵-۲ روش قطع تراز صفر
۱۲	۶-۲ پارامترهای موج نامنظم
۱۳	۷-۲ شکست موج
۱۵	۸-۲ توزیع ارتفاع موج
۱۷	۹-۲ انرژی موج
۱۷	۱۰-۲ تحلیل طیفی موج
۱۸	۱۱-۲ طیف Pierson – Moskowitz (1964)
۱۹	۱۲-۲ طیف JONSWAP (Hasselmann و همکاران 1973)
	فصل سوم : موج شکن توده سنگی
۲۱	۱-۳ مقدمه
۲۱	۲-۳ موج شکن های توده سنگی
۲۲	۱-۲-۳ موج شکن های توده سنگی با نیمرخ ثابت (استاتیکی)
۲۲	۲-۲-۳ موج شکن های توده سنگی با نیمرخ شکل پذیر (دینامیک)
۲۳	۳-۳ مزایای موج شکن های توده سنگی
۲۴	۴-۳ معایب موج شکن های توده سنگی
۲۴	۵-۳ ملاحظات جانمایی محل احداث و پلان موج شکن
۲۵	۶-۳ اجزای مختلف موج شکن توده سنگی
۲۵	۷-۳ طراحی موج شکن های توده سنگی
۲۵	۱-۷-۳ لایه آرمور اولیه
۲۹	۲-۷-۳ لایه آرمور ثانویه
۲۹	۳-۷-۳ لایه فیلتر (زیر لایه)
۳۱	۴-۷-۳ لایه هسته

۳۱	۵-۷-۳ پنجه یا کف بند
۳۴	۶-۷-۳ لایه مترس
۳۴	۷-۷-۳ تاج موج شکن
۳۶	۸-۷-۳ آرمور وجه پشت
۳۶	۹-۷-۳ رأس (پوزه) موج شکن
۳۷	۱۰-۷-۳ قوس موج شکن
۳۷	۸-۳ پارامترهای هیدرولیکی مؤثر در طراحی
۳۸	۱-۸-۳ بالاروی و پایین آمدگی موج
۳۸	۲-۸-۳ سرریزی موج
۳۸	۳-۸-۳ عبور موج
۳۹	۴-۸-۳ انعکاس موج
۳۹	۹-۳ مروری بر مطالعات بالاروی امواج
۴۰	۱-۹-۳ مروری بر مطالعات بالاروی امواج بر روی شیب نفوذپذیر
۴۳	۲-۹-۳ مروری بر مطالعات بالاروی امواج بر روی شیب نفوذناپذیر

#### فصل چهارم : ژئوتکستایل تیوب

۵۰	۱-۴ مقدمه
۵۰	۲-۴ ژئوتکستایل تیوب
۵۲	۳-۴ ژئوتکستایل تیوب به عنوان مغزه موج شکن
۵۴	۴-۴ تحقیقات انجام شده بر روی هندسه ژئوتکستایل تیوب
۵۸	۵-۴ مبانی تحلیل ژئوتکستایل تیوب
۶۰	۶-۴ تحلیل حساسیت پارامترها
۶۶	۷-۴ ملاحظات طراحی ژئوتکستایل تیوب
۶۶	۱-۷-۴ مقاومت پوسته ژئوسنتتیکی
۶۸	۲-۷-۴ قابلیت لایه ژئوتکستایل برای نگهداری ذرات خاک
۶۹	۳-۷-۴ تعیین ارتفاع تحکیم یافته ژئوتکستایل تیوب

#### فصل پنجم: ساخت مدل فیزیکی و نتایج آزمایش ها

۷۱	۱-۵ مقدمه
۷۱	۲-۵ مزایا و معایب مدل های فیزیکی
۷۲	۳-۵ شبیه سازی
۷۲	۱-۳-۵ تشابه هندسی
۷۲	۲-۳-۵ تشابه سینماتیکی
۷۲	۳-۳-۵ تشابه دینامیکی
۷۳	۴-۵ معیار فرود
۷۴	۵-۵ مشخصات مقاطع مورد آزمایش

۷۶	۶-۵ مقیاس مدل
۷۶	۷-۵ فلوم موج و تجهیزات اندازه گیری
۷۸	۸-۵ چیدمان مدل و شرایط آزمایش
۷۹	۹-۵ انجام آزمایشات مدل
۸۰	۱-۹-۵ آزمایش های مقطع ۱
۸۰	۱-۱-۹-۵ موج منظم
۸۴	۲-۱-۹-۵ موج نامنظم
۸۷	۲-۹-۵ آزمایش های مقطع ۲
۸۸	۱-۲-۹-۵ موج منظم
۹۰	۲-۲-۹-۵ موج نامنظم
۹۴	۳-۹-۵ آزمایش های مقطع ۳
۹۴	۱-۳-۹-۵ موج منظم
۹۷	۲-۳-۹-۵ موج نامنظم
۱۰۰	۴-۹-۵ بالاروی کلی
۱۰۰	۱-۴-۹-۵ موج منظم
۱۰۱	۲-۴-۹-۵ موج نامنظم
۱۰۲	۵-۹-۵ مجموعه روابطی بعد بالاروی به دست آمده

#### فصل ششم : مقایسه نتایج و بحث

۱۰۴	۱-۶ مقایسه بالاروی موج بر روی مقاطع
۱۰۴	۱-۱-۶ مقایسه مقاطع ۱ و ۲ (تأثیر لایه فیلتر)
۱۰۶	۲-۱-۶ مقایسه مقاطع ۲ و ۳ (تأثیر شیب مقطع)
۱۰۷	۲-۶ مقایسه نمودارهای بالاروی با روابط تجربی سایر محققین
۱۰۸	۱-۲-۶ مقایسه نمودار بالاروی در مقطع ۱
۱۰۸	۱-۱-۲-۶ موج منظم
۱۰۹	۲-۱-۲-۶ موج نامنظم
۱۱۱	۲-۲-۶ مقایسه نمودار بالاروی در مقطع ۲
۱۱۱	۱-۲-۲-۶ موج منظم
۱۱۳	۲-۲-۲-۶ موج نامنظم
۱۱۴	۳-۲-۶ مقایسه نمودار بالاروی در مقطع ۳
۱۱۴	۱-۳-۲-۶ موج منظم
۱۱۶	۲-۳-۲-۶ موج نامنظم
۱۱۷	۴-۲-۶ مقایسه نمودار بالاروی کلی
۱۱۷	۱-۴-۲-۶ موج منظم
۱۱۸	۲-۴-۲-۶ موج نامنظم



فصل هفتم : جمع بندی نتایج و ارائه پیشنهادات

۱۲۰ - ۱-۷ - جمع بندی نتایج

۱۲۱ - ۲-۷ - ارائه پیشنهادات

۱۲۲ مراجع

۱۲۶ Abstract

## فهرست جدول ها

<u>صفحه</u>		<u>عنوان</u>
۸	دسته بندی امواج بر حسب عمق آبی که در آن حرکت می کنند	۱-۲
۴۲	مقادیر A، B، C، D و x در فرمول ون درمیر	۱-۳
۴۷	مقادیر ارائه شده توسط آلسپ (۱۹۹۴) برای $\frac{Ru_s}{H_s}$	۲-۳
۴۷	مقادیر ارائه شده توسط آلسپ (۱۹۹۴) برای $\frac{Ru_{2\%}}{H_s}$	۳-۳
۴۸	مقادیر پارامترهای a و b مورد استفاده در رابطه ۳-۴۹	۴-۳
۵۵	ترکیب نتایج حاصل از GeoCoPS و سیلوستر (۱۹۸۶)	۱-۴
۵۶	ترکیب نتایج حاصل از GeoCoPS و ليو (۱۹۸۱)	۲-۴
۵۸	ترکیب نتایج حاصل از GeoCoPS و کازیمیرویچ (۱۹۹۴)	۳-۴
۷۶	ابعاد واقعی مصالح سنگی مورد استفاده در مقاطع موج شکن	۱-۵
۷۶	حدود تغییرات پارامترهای مدل فیزیکی موج شکن	۲-۵
۸۰	تعداد آزمایشات انجام گرفته	۳-۵
۸۱	آزمایش های امواج منظم بر روی مقطع شماره ۱	۴-۵
۸۴	آزمایش های امواج نامنظم بر روی مقطع شماره ۱	۵-۵
۸۸	آزمایش های امواج منظم بر روی مقطع شماره ۲	۶-۵
۹۰	آزمایش های امواج نامنظم بر روی مقطع شماره ۲	۷-۵
۹۴	آزمایش های امواج منظم بر روی مقطع شماره ۳	۸-۵
۹۷	آزمایش های امواج نامنظم بر روی مقطع شماره ۳	۹-۵
۱۰۳	مجموعه روابط بی بعد بالاروی به دست آمده	۱۰-۵
۱۰۸	مقایسه نسبت بی بعد بالاروی امواج منظم بر روی مقطع ۱	۱-۶
۱۰۹	مقایسه نسبت بی بعد بالاروی امواج نامنظم بر روی مقطع ۱	۲-۶
۱۱۱	مقایسه نسبت بی بعد بالاروی امواج منظم بر روی مقطع ۲	۳-۶
۱۱۳	مقایسه نسبت بی بعد بالاروی امواج نامنظم بر روی مقطع ۲	۴-۶
۱۱۵	مقایسه نسبت بی بعد بالاروی امواج منظم بر روی مقطع ۳	۵-۶
۱۱۶	مقایسه نسبت بی بعد بالاروی امواج نامنظم بر روی مقطع ۳	۶-۶

## فهرست نمودار ها

<u>صفحه</u>		<u>عنوان</u>
۶۳	تغییرات ارتفاع ژئوتکستایل تیوب در مقابل فشار پمپاژ ورودی	۱-۴
۶۴	تغییرات مقاومت کششی ژئوتکستایل تیوب در مقابل فشار پمپاژ ورودی	۲-۴
۶۵	مقادیر حداکثر و حداقل ارتفاع ژئوتکستایل تیوب (محیط ساحلی)	۳-۴
۶۵	مقادیر حداکثر و حداقل ارتفاع ژئوتکستایل تیوب (در حالت مستغرق)	۴-۴
۷۰	نحوه محاسبه کاهش ارتفاع ژئوتکستایل تیوب به عنوان تابعی از وزن حجمی خاک	۵-۴
۸۲	نمودار طیفی موج منظم بر روی مقطع شماره ۱ ( Test file : 5 )	۱-۵
۸۳	بالاروی موج های منظم بر روی مقطع شماره ۱	۲-۵
۸۳	اثر پریود پیک موج های منظم بر نسبت بی بعد بالاروی در مقطع شماره ۱	۳-۵
۸۵	نمودار طیفی موج نامنظم JON. بر روی مقطع شماره ۱ ( Test file : 15 )	۴-۵
۸۶	نمودار طیفی موج نامنظم P. M بر روی مقطع شماره ۱ ( Test file : 8 )	۵-۵
۸۶	بالاروی موج های نامنظم بر روی مقطع شماره ۱	۶-۵
۸۷	اثر پریود پیک موج های نامنظم بر نسبت بی بعد بالاروی در مقطع شماره ۱	۷-۵
۸۹	نمودار طیفی موج منظم بر روی مقطع شماره ۲ ( Test file : 22 )	۸-۵
۸۹	بالاروی موج های منظم بر روی مقطع شماره ۲	۹-۵
۹۰	اثر پریود پیک موج های منظم بر نسبت بی بعد بالاروی در مقطع شماره ۲	۱۰-۵
۹۲	نمودار طیفی موج نامنظم JON. بر روی مقطع شماره ۲ ( Test file : 20 )	۱۱-۵
۹۲	نمودار طیفی موج نامنظم P. M بر روی مقطع شماره ۲ ( Test file : 28 )	۱۲-۵
۹۳	بالاروی موج های نامنظم بر روی مقطع شماره ۲	۱۳-۵
۹۳	اثر پریود پیک موج های نامنظم بر نسبت بی بعد بالاروی در مقطع شماره ۲	۱۴-۵
۹۵	نمودار طیفی موج منظم بر روی مقطع شماره ۳ ( Test file : 8 )	۱۵-۵
۹۶	بالاروی موج های منظم بر روی مقطع شماره ۳	۱۶-۵
۹۶	اثر پریود پیک موج های منظم بر نسبت بی بعد بالاروی در مقطع شماره ۳	۱۷-۵
۹۸	نمودار طیفی موج نامنظم JON. بر روی مقطع شماره ۳ ( Test file : 7 )	۱۸-۵
۹۹	نمودار طیفی موج نامنظم P. M بر روی مقطع شماره ۳ ( Test file : 30 )	۱۹-۵
۹۹	نمودار بالاروی موج های نامنظم بر روی مقطع شماره ۳	۲۰-۵
۱۰۰	اثر پریود پیک موج های نامنظم بر نسبت بی بعد بالاروی در مقطع شماره ۳	۲۱-۵
۱۰۱	بالاروی کلی امواج منظم بر روی موج شکن دارای هسته ژئوتکستایل تیوب	۲۲-۵
۱۰۲	بالاروی کلی امواج نامنظم بر روی موج شکن دارای هسته ژئوتکستایل تیوب	۲۳-۵
۱۰۵	مقایسه بالاروی امواج منظم بر روی مقاطع ۱و۲	۱-۶
۱۰۵	مقایسه بالاروی امواج نامنظم بر روی مقاطع ۱و۲	۲-۶
۱۰۶	مقایسه بالاروی امواج منظم بر روی مقاطع ۲و۳	۳-۶
۱۰۷	مقایسه بالاروی امواج نامنظم بر روی مقاطع ۲و۳	۴-۶
۱۰۹	مقایسه بالاروی اندازه گیری شده امواج منظم با روابط تجربی سایر محققین در مقطع ۱	۵-۶
۱۱۱	مقایسه بالاروی اندازه گیری شده امواج نامنظم با روابط تجربی سایر محققین در مقطع ۱	۶-۶
۱۱۲	مقایسه بالاروی اندازه گیری شده امواج منظم با روابط تجربی سایر محققین در مقطع ۲	۷-۶
۱۱۴	مقایسه بالاروی اندازه گیری شده امواج نامنظم با روابط تجربی سایر محققین در مقطع ۲	۸-۶
۱۱۵	مقایسه بالاروی اندازه گیری شده امواج منظم با روابط تجربی سایر محققین در مقطع ۳	۹-۶

- ۱۰-۶ مقایسه بالاروی اندازه گیری شده امواج نامنظم با روابط تجربی سایر محققین در مقطع ۳ ۱۱۷
- ۱۱-۶ مقایسه بالاروی اندازه گیری شده امواج منظم با روابط تجربی سایر محققین در حالت کلی ۱۱۸
- ۱۲-۶ مقایسه بالاروی اندازه گیری شده امواج نامنظم با روابط تجربی سایر محققین در حالت کلی ۱۱۹

## فهرست شکل ها

<u>صفحه</u>		<u>عنوان</u>
۵	محدوده اعتبار تئوری های امواج	۱-۲
۷	تعریف پارامترهای اصلی و شکل سینوسی موج پیشرونده	۲-۲
۹	نمایش انواع مختلف موج در اقیانوس	۳-۲
۱۰	تعریف پارامترهای موج برای حالت تصادفی دریا	۴-۲
۱۰	شرح فرآیند موج تصادفی	۵-۲
۱۱	پروفیل موج دریا در حالت نامنظم از اندازه گیری در محل	۶-۲
۱۴	نمایی از انواع چهارگانه شکست موج: (a) آشفته ، (b) چرخان ، (c) لغزان ، (d) ریزشی	۷-۲
۱۶	توزیع نمونه برای ارتفاع و فرکانس موج	۸-۲
۲۰	مقایسه بین طیف PM و طیف JONSWAP	۹-۲
۲۲	مقطع شماتیک یک موج شکن توده سنگی	۱-۳
۲۳	مقطع شماتیک موج شکن شکل پذیر و تغییر شکل آن	۲-۳
۲۸	تعریف پارامتر نفوذپذیری ون در میر (P)	۳-۳
۳۳	آستانه حرکت مصالح سنگی روی بستر دریا تحت اثر موج	۴-۳
۳۴	عملکرد پنجه موج شکن در محافظت از لایه آرمور در برابر آبشستگی	۵-۳
۳۶	انواع سازه تاج موج شکن توده سنگی	۶-۳
۳۷	پارامترهای هیدرولیکی مؤثر در طراحی موج شکن	۷-۳
۵۱	پرکردن ژئوتکستایل تیوب به روش هیدرولیکی	۱-۴
۵۲	پرکردن ژئوتکستایل تیوب به روش مکانیکی	۲-۴
۵۳	ژئوتکستایل تیوب به عنوان مغزه موج شکن بندر ریگو در جزیره قشم	۳-۴
۵۳	ژئوتکستایل تیوب به عنوان دایک استحصالی در جزیره خارک	۴-۴
۵۴	ژئوتکستایل تیوب به عنوان دایک استحصالی در بندرانزلی	۵-۴
۵۶	نقاط آزمایشگاهی در اطراف ژئوتکستایل تیوب توسط لیو (۱۹۸۱) و هندسه به دست آمده از برنامه GeoCoPS ( $L=0.93m; p = p_0 + \gamma h$ ) توسط لشچینسکی و همکاران (۱۹۹۶) ( $3.86 \text{ kPa}; \gamma_{\text{slurry}} = \gamma_w$ )	۶-۴
۵۷	نقاط آزمایشگاهی در اطراف ژئوتکستایل تیوب توسط لیو (۱۹۸۱) و هندسه به دست آمده از برنامه GeoCoPS ( $L=0.93m; p = p_0 + \gamma h$ ) توسط لشچینسکی و همکاران (۱۹۹۶) ( $1.73 \text{ kPa}; \gamma_{\text{slurry}} = \gamma_w$ )	۷-۴
۵۷	نقاط آزمایشگاهی در اطراف ژئوتکستایل تیوب توسط لیو (۱۹۸۱) و هندسه به دست آمده از برنامه GeoCoPS ( $L=1.04m; p = p_0 + \gamma h$ ) توسط لشچینسکی و همکاران (۱۹۹۶) ( $3.45 \text{ kPa}; \gamma_{\text{slurry}} = 2\gamma_w$ )	۸-۴
۵۹	مقطع عرضی یک ژئوتکستایل تیوب- قراردادی لشچینسکی و همکاران (۱۹۹۶)	۹-۴
۶۰	نیروی کشش محوری در ژئوتکستایل تیوب- قراردادی لشچینسکی و همکاران (۱۹۹۶)	۱۰-۴
۶۱	تأثیر $T_{ult}$ بر روی شکل مقطع ژئوتکستایل تیوب	۱۱-۴

۶۲	تأثیر H بر روی شکل مقطع ژئوتکستایل تیوب	۱۲-۴
۶۳	تأثیر $p_0$ بر روی شکل مقطع ژئوتکستایل تیوب	۱۳-۴
۷۵	ابعاد نمونه اصلی مقطع ۱	۱-۵
۷۵	ابعاد نمونه اصلی مقطع ۲	۲-۵
۷۵	ابعاد نمونه اصلی مقطع ۳	۳-۵
۷۷	نمایی از فلوم موج	۴-۵
۷۸	ماژول و نمونه ای از گيج موج	۵-۵
۷۸	تجهيزات ثبت داده HR Wallingford	۶-۵
۷۹	نحوه قرارگیری مقطع موج شکن و گيج های اندازه گیری در فلوم موج	۷-۵
۸۰	مدل مقطع شماره ۱	۸-۵
۸۷	مدل مقطع شماره ۲	۹-۵
۹۴	مدل مقطع شماره ۳	۱۰-۵

چکیده :

یک روش جدید در ساخت موج شکن های توده سنگی، استفاده از ژئوتکستایل تیوب در مغزه این سازه ها می باشد. هدف این پایان نامه بررسی آزمایشگاهی بالاروی امواج منظم و نامنظم بر روی این نوع از موج شکن ها می باشد که در نهایت منجر به ارائه روابط تجربی جدید بر اساس داده های آزمایشگاهی گردیده است. این روابط تجربی نسبت بی بعد بالاروی به ارتفاع موج شاخص را بر حسب پارامتر بی بعد تشابه شکست موج به صورت رابطه توانی بیان می کنند. کلیه آزمایش ها در آزمایشگاه مدل هیدرولیکی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی انجام گرفت. در این تحقیق ۳ مقطع موج شکن با هسته ژئوتکستایل تیوب با مقیاس ۱:۱۵ در فلوم موجی به عرض ۳۰ سانتیمتر و ارتفاع ۴۵ سانتیمتر مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج بالاروی حاصل از امواج منظم و نامنظم به طور جداگانه با روابط تجربی سایر محققینی که بر روی بالاروی موج در موج شکن های توده سنگی معمولی مطالعه کرده اند، مقایسه گردید و مشخص شد که در حالتی که لایه فیلتر بر روی ژئوتکستایل تیوب وجود دارد نسبت بی بعد بالاروی در مقایسه با متوسط نتایج سایر محققین تا ۲۵٪ افزایش می یابد که این عدد در شرایط حذف لایه فیلتر تا ۵۰٪ افزایش می یابد. این افزایش حداکثر بالاروی همواره در امواج با پارامتر تشابه شکست بیش از ۴ رخ می دهد ( $\xi > 4$ ). در مجموع با تجمیع داده های هر ۳ مقطع موج شکن ملاحظه می شود نسبت بی بعد بالاروی در مقایسه با متوسط نتایج سایر محققین تا ۳۵٪ افزایش می یابد لذا پیشنهاد می گردد در طراحی ارتفاع آزاد موج شکن های دارای هسته ژئوتکستایل تیوب، برای یک موج شاخص مقدار بالاروی نسبت به موج شکن های معمولی حداقل ۳۵٪ بیشتر در نظر گرفته شود.

## فصل اول: کلیات طرح

### ۱-۱ بیان مسأله

کشور ما به دلیل دارا بودن مرزهای طولانی دریایی در شمال و جنوب و همچنین حجم وسیع مبادلات تجاری دریایی و بهره برداری از منابع دریایی، دارای تعداد زیادی بندر کوچک یا بزرگ بوده و تعداد زیادی نیز در دست مطالعه یا احداث می باشد که در اغلب آن ها از موج شکن های توده سنگی برای ایجاد حوضچه آرام بندر استفاده می شود. در برخی از مناطق جنوبی و شمالی کشور، معادن دارای سنگ با کیفیت مناسب در فواصل دوری از محل پروژه قرار دارد که تهیه آن مستلزم افزایش زمان پروژه، تحمیل هزینه های مضاعف حمل مصالح و تخریب محیط زیست می گردد.

در دهه های اخیر با توسعه فناوری مصالح ژئوسنتتیک، نوعی محصول به نام ژئوتکستایل تیوب کاربردهای فراوانی در مهندسی هیدرولیک پیدا کرده است. این محصول ژئوتکستایلی است که به شکل تیوب دوخته شده و دارای دهانه های ورودی می باشد. ماسه و مواد لایروبی به درون آن پمپاژ می شود تا آن را به حجم و ارتفاع مورد نظر برساند. یکی از کاربردهای این محصول استفاده از آن در هسته موج شکن می باشد به طوری که ژئوتکستایل تیوب در محل مورد نظر مستقر شده و درون آن با استفاده از ماسه بستر دریا پر می شود و سپس لایه های فیلتر و آرمور اجرا می گردد. بدین ترتیب سرعت اجرای پروژه افزایش می یابد و با توجه به فاصله معدن سنگ می تواند کاهش هزینه پروژه را در پی داشته باشد.

این شیوه دارای محدودیت هایی مثل عمق آب، جنس مصالح بستر دریا و ارتفاع امواج در حین نصب ژئوتکستایل تیوب می باشد.

### ۲-۱ هدف های تحقیق

با توجه به اینکه استفاده از ژئوتکستایل تیوب در موج شکن یک کاربرد جدید است، اطلاعات و تجربیات اندکی راجع به آن وجود دارد لذا طراحی ژئوتکنیکی، سازه ای و هیدرودینامیکی آن دارای ابهاماتی می باشد.

هدف از این تحقیق، بررسی آزمایشگاهی یکی از پارامترهای هیدرودینامیکی این موج شکن ها می باشد که عبارتست از بالاروی امواج بر روی موج شکن هایی که در هسته آن از ژئوتکستایل تیوب استفاده گردیده است. همچنین تأثیر تغییر شیب مقطع موج شکن و حذف لایه فیلتر بر بالاروی امواج نیز بررسی خواهد شد و در پایان استخراج روابط تجربی و مقایسه آن با نتایج سایر محققینی که درباره بالاروی بر روی موج شکن های توده سنگی معمولی مطالعه کرده اند، از دیگر اهداف این تحقیق است.

### ۳-۱ روش تحقیق

با توجه به اینکه هدف این تحقیق، اندازه گیری آزمایشگاهی مقدار بالاروی موج است، لذا لازم است مطالعات اولیه در زمینه مسائل مرتبط با موضوع انجام گیرد. مراحل مختلف فعالیت های پژوهشی انجام گرفته از ابتدا تا انتهای رساله به شرح ذیل است.



- بررسی منابع تحقیقاتی داخلی و خارجی و استخراج و جمع بندی دستاوردهای تحقیقاتی در زمینه هایی از قبیل: تئوری امواج، طراحی موج شکن توده سنگی، بالاروی موج بر روی شیب، ژئوتکتایل تیوب و مدل سازی فیزیکی
- طراحی مدل مقطع موج شکن برگرفته از پروژه موج شکن جزیره شمالی جنوبی در استان بوشهر
- طراحی روند آزمایش های مدل فیزیکی و تعیین مقیاس مناسب، تعیین محدوده پارامترهای مرتبط با بالاروی بر اساس شرایط و محدودیت های آزمایشگاه
- برپایی مدل آزمایشگاهی با رعایت مقیاس
- برنامه ریزی و انجام آزمایش های مدل فیزیکی
- تحلیل نتایج به دست آمده از آزمایش های مدل و استخراج نمودارهای بالاروی امواج و روابط تجربی
- مقایسه نتایج حاصل از آزمایش ها با روابط حاصل از سایر تحقیقات مرتبط
- تدوین گزارش نهایی

## فصل دوم : تئوری امواج

### ۱-۲ مقدمه

اثرات امواج آب در مهندسی سواحل و تأثیر بر سازه های دریایی از درجه اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. امواج مهمترین عامل در تعیین وضعیت هندسی و ترکیب سواحل هستند و نیز دارای تأثیر عمده ای در طراحی بنادر، آبراهها، سازه های حفاظت ساحلی و دیگر کارهای ساحلی و دریایی می باشند. امواج سطحی غالباً توسط باد تولید می شوند. امواج مهمترین منبع انرژی برای شکل دهی سواحل، طبقه بندی و جابجایی مواد رسوبی کف دریا به سوی ساحل یا به طرف دریا و یا در امتداد ساحل هستند و سبب ایجاد بسیاری از نیروهای اعمال شده به سازه در طراحی سازه های ساحلی و دریایی می گردند. امواجی که به مناطق ساحلی می رسند، قسمت اعظم انرژی خود را در این مناطق از دست می دهند، همچنان که امواج به ساحل نزدیک می شوند انرژی آنها ممکن است به صورت حرارت حاصل از اغتشاش و حرکت آب ناشی از اثر شکست، اصطکاک و نفوذ به کف دریا مستهلک شود. روش های پیش بینی عموماً مبتنی بر امواج ساده ای است که توابع ساده ریاضی بتواند برای تعیین حرکت موج به کار رود. در بعضی حالات این فرمول های ساده ریاضی وضعیت امواج را به نحو خوبی پیش بینی می کنند ولی در دیگر حالات، این گونه فرمول ها ممکن است برای کاربردهای مهندسی غیر مطمئن باشد.

مفاهیم تئوریک بسیاری در دو قرن اخیر برای بیان امواج پیچیده دریا ارائه شده اند. به هرحال بین تئوری و مشاهده همیشه تطابق کامل وجود ندارد.

عموماً پدیده موج آب در عمل پیچیده و بغرنج می باشد و به علت رفتار غیر خطی، خصوصیات سه بعدی و رفتار تصادفی به سختی می توان این پدیده را به زبان ریاضی بیان کرد. برای بیان رفتار امواج ساده دو تئوری کلاسیک وجود دارد. یکی در سال ۱۸۴۵ توسط ایری<sup>۱</sup> و دیگری در سال ۱۸۸۰ توسط استوکس<sup>۲</sup> بیان شده است. تئوری های ایری و استوکس عموماً رفتار امواجی که نسبت عمق آب به طول موج آنها خیلی کوچک نباشد را بهتر پیش بینی می کنند. تئوری امواج کنویدال<sup>۳</sup> برای شرایط آب کم عمق تقریباً قابل قبولی را برای امواج ساده ارائه می دهد.

برای آب های خیلی کم عمق در نزدیکی ناحیه شکست موج، تئوری موج منفرد<sup>۴</sup> به طور قابل قبولی مشخصات معینی از رفتار موج را پیش بینی می کند. این تئوری ها بر اساس مشخصه های اساسی شان و همراه با معادلات ریاضی بیان شده اند که رفتار موج را تعیین می نمایند.

ساده ترین تئوری موج که به تئوری موج دامنه کوتاه یا تئوری موج خطی مشهور است در سال ۱۸۴۵ توسط ایری ارائه گردید. این تئوری از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا نه تنها استفاده از آن ساده بوده بلکه برای قسمت اعظم رژیم های موج قابل اعتماد است. از نقطه نظر ریاضی، تئوری ایری می تواند به عنوان یک تقریب اولیه از تئوری کامل تشریح رفتار موج در

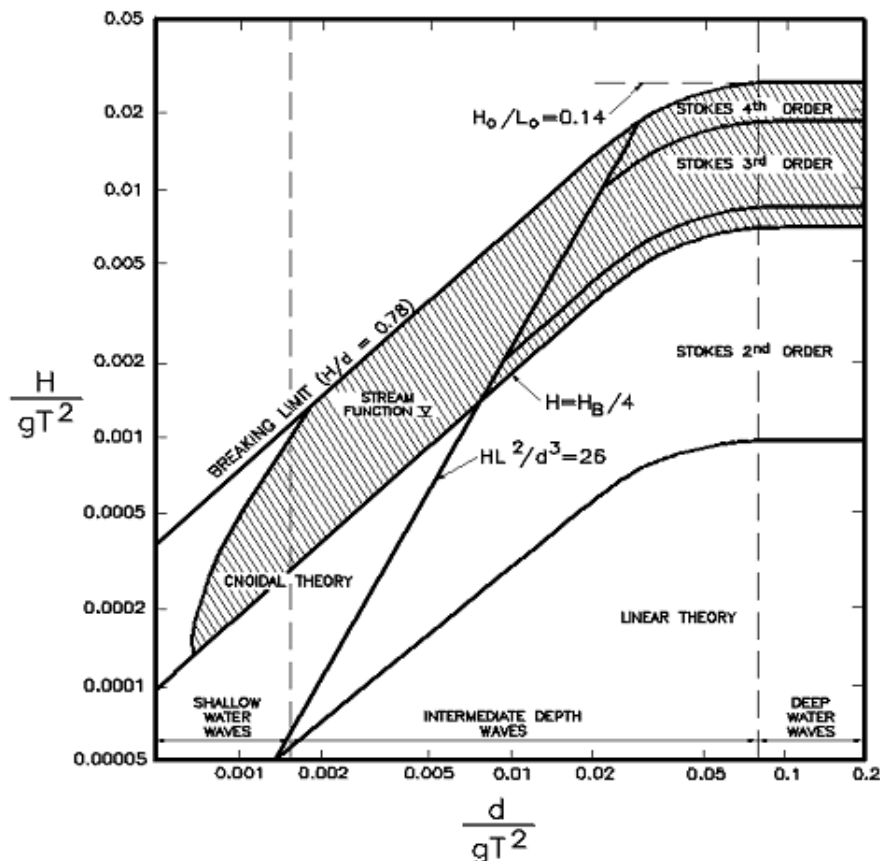
<sup>1</sup> Airy

<sup>2</sup> Stokes

<sup>3</sup> Cnoidal

<sup>4</sup> Solitary

نظر گرفته شود. یک روش کامل تر تبیین تئوری موج با جمع نمودن تعداد نامحدودی از تقریبات متوالی است که با افزودن هر جمله به سری معادلات نتیجه بهتری حاصل می شود. این روش در سال ۱۸۸۰ توسط استوکس و تحت عنوان تئوری استوکس ارائه شد. در مورد آب های کم عمق در بعضی حالات تئوری کنویدال که توسط De vrise و Korteweg در سال ۱۸۹۵ ارائه شده است، نتایج قابل اعتماد نسبی از شکل و حرکت موج را به دست می دهد. با وجود این در حل مسایل مهندسی به تئوری مزبور اهمیت کمتری داده می شود زیرا محاسبات مربوط به آن مشکلات و دشواری هایی را به همراه دارد. تئوری دیگری که در آب های بسیار کم عمق نزدیک ساحل صادق می باشد، تئوری امواج منفرد می باشد. در این شرایط مشخصات اساسی رفتار موج به طور قابل قبولی با تئوری موج منفرد قابل بیان هستند. استفاده از این تئوری برخلاف تئوری کنویدال در مسایل عملی آسان است زیرا در این تئوری از توابع تقلیل یافته استفاده می شود که مقادیر آنها در جداول مخصوص ارائه شده است. در شکل ۱-۲ محدوده اعتبار مهمترین تئوری های امواج نشان داده شده است.



شکل ۱-۲- محدوده اعتبار تئوری های امواج (Le Mehaute 1976) [۳۵]

فرضیات ساده کننده مورد استفاده در تئوری های ساده شده باید به خوبی درک شود، زیرا این فرضیات در تمام حالات صادق نبوده و این مطلب محدودیت هایی را برای هر یک از تئوری ها به وجود می آورد، و هرگاه یک فرض صادق نباشد باید از تئوری کاملتری استفاده شود.

مختصرکننده ترین فرضیات معمول بر این اصل استوارند که امواج، آشفتگی های کوچکی در سطح آب هستند. این فرض منتهی به تئوری هایی شده است که به نام های تئوری امواج دامنه کوتاه، تئوری خطی یا تئوری ابری شهرت یافته است. تئوری امواج دامنه کوتاه بینش لازم را برای تشریح رفتار تمام امواج پریودیک و حرکت پریودیک سیال فراهم می آورد. این تئوری قادر به احتساب انتقال جرم در جریان موج نیست. به عبارتی این حقیقت را که نقاط اوج امواج نسبت به نقاط حوضیض آنها از تراز متوسط آب (MWL) بیشتر فاصله می گیرند را نادیده می گیرد. برای در نظر گرفتن این پدیده باید از تئوری های کلی تری مانند تئوری دامنه محدود و یا تئوری های امواج غیر خطی استفاده کرد. تئوری های امواج غیرخطی دقت بهتری از خواص موج را در مقایسه با تئوری خطی به دست می دهند.

مهمترین فرضیات به کار رفته در گسترش تئوری های ساده امواج به قرار زیر هستند:

- سیال همگن و غیر قابل تراکم است که در نتیجه چگالی آن مقدار ثابتی است.
- از اثر کشش سطحی صرف نظر می شود.
- از اثر شتاب کوریولیس صرف نظر می شود
- فشار در سطح آزاد آب، یکنواخت و ثابت است.
- سیال ایده آل و غیرلزج است.
- موج مورد مطالعه مستقل از سایر حرکات آب بوده و هیچ گونه اندرکنشی بین آن و حرکات دیگر سیال مورد مطالعه وجود ندارد.
- بستر دریا، افقی، ثابت و غیر قابل نفوذ بوده که در نتیجه سرعت عمودی ذرات آب در کف دریا برابر صفر است.
- دامنه موج کوتاه و شکل موج در زمان ها و مکان های مختلف ثابت است.
- امواج مسطح و دارای اوج طولانی هستند که در نتیجه امواج، دویعدی در نظر گرفته می شوند.

سه فرض اول در تمامی مسایل مهندسی سواحل قابل قبول هستند. در بعضی از مسایل تخصصی ضروری است که در مورد فرضیات دیگر تخفیف داده شود.

شکل امواج پیشرونده در حال حرکت به ناحیه کم عمق معمولاً تغییر می کند. اثرات ناشی از لزجت و سرعت قائم ذرات آب بر یک بستر نفوذپذیر نیز در بعضی حالات قابل اندازه گیری می باشد ولی در اغلب مسایل مهندسی از این اثرات می توان صرف نظر کرد.

امواج به طور کلی به دو دسته تقسیم می شوند، امواج منظم و نامنظم. امواج منظم دارای یک پروفیل یکنواخت و با ارتفاع، پریود و جهت ثابت فرض می شوند. یک موج در حال حرکت توسط متغیرهای  $x$  و  $t$  و یا ترکیبی از این دو به صورت  $\theta = kx - \omega t$  تعریف می شود. مقدار  $\theta$  بین  $0$  و  $2\pi$  تغییر می کند. شکل ۲-۲ این پارامترها را روی یک موج ساده پیشرونده سینوسی که از یک نقطه ثابت درون اقیانوس می گذرد، تعریف می کند.