



دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد  
رشته مهندسی عمران گرایش خاک و پی

موضوع:

ارزیابی روانگرایی ناشی از موج در بستر دریا

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر نورزاد

اساتید داور:

جناب آقای دکتر شوش پاشا

جناب آقای دکتر جانعلی زاده

نگارش:

نبی اله فرجی

شهریور ۱۳۹۰

## فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
ث	فهرست اشکال
ح	فهرست جداول
خ	چکیده

### فصل اول : دیباچه

۱	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- ضرورت انجام پژوهش
۴	۳-۱- اهداف پژوهش
۵	۴-۱- ساختار پایان نامه

### فصل دوم : مروری بر متون فنی

۶	۱-۲- مقدمه
۷	۲-۲- هیدرولیک امواج
۷	۱-۲-۲- کلیات
۷	۲-۲-۲- مکانیک موج
۹	۳-۲-۲- اصول موج ساده و تعاریف مربوط به آن
۱۱	۴-۲-۲- تئوری موج دامنه کوچک
۱۶	۳-۲- روانگرایی
۱۶	۱-۳-۲- کلیات
۱۶	۲-۳-۲- تعاریف مربوط به روانگرایی
۲۰	۳-۳-۲- چگالش ناشی از بارگذاری دوره‌ای
۲۲	۴-۳-۲- عوامل موثر بر روانگرایی
۲۴	۴-۲- روانگرایی ناشی از موج
۲۴	۱-۴-۲- سازوکارهای روانگرایی ناشی از موج

۲۵	۲-۴-۲- سازوکار روانگرایی گذار
۳۰	۳-۴-۲- روشهای تحلیل ترکیبی ، راه حل یاماموتو- مادسن
۳۳	۴-۴-۲- سازوکار روانگرایی ناشی از فشار آب منفذی پسماند
۳۶	۵-۴-۲- ارزیابی روانگرایی ناشی از موج
۴۸	۵-۲- حفاظت از بستر دریا در مقابل امواج
۴۸	۲-۵-۱- کلیات
۵۰	۲-۵-۲- اثرات لایه بالائی
۵۱	۲-۵-۳- روشهای حفاظت از بستر دریا

## فصل سوم: روشی جهت ارزیابی روانگرایی ناشی از موج

۵۵	۳-۱- مقدمه
۵۵	۳-۲- معادله اساسی
۵۸	۳-۳- آهنگ تولید فشار آب منفذی
۶۲	۳-۴- تعیین تنش برشی خاک
۶۳	۳-۴-۱- معرفی نرم افزار FLAC
۶۴	۳-۴-۲- روش تفاضل محدود صریح در نرم افزار FLAC
۶۸	۳-۴-۳- فرمول بندی عددی
۷۲	۳-۴-۴- گام زمانی محاسباتی: پایداری حل و مقیاس جرم
۷۳	۳-۴-۵- بارگذاری دینامیکی
۷۴	۳-۴-۶- شرایط مرزی تحلیل دینامیکی
۷۶	۳-۴-۷- میرائی
۷۷	۳-۴-۸- فرموله کردن عددی معادلات جریان مایع
۸۰	۳-۵- روش به دست آوردن فشار آب منفذی اضافی
۸۰	۳-۵-۱- مقدمه
۸۱	۳-۵-۲- معرفی نرم افزار MATLAB
۸۲	۳-۵-۳- به دست آوردن فشار آب منفذی اضافی
۸۳	۳-۶- نتیجه گیری

## فصل چهارم: نتایج تحلیل ها و تفسیر آنها

۸۵	۴-۱- مقدمه
----	------------

۸۵	۲-۴- فشار آب حفره‌ای گذار و تنش های ناشی از موج
۸۵	۱-۲-۴- مقایسه نتایج با متون فنی
۹۰	۲-۲-۴- اثرات نفوذپذیری خاک
۹۲	۳-۲-۴- اثرات مدول بر شی خاک
۹۳	۴-۲-۴- اثرات ضخامت بستر
۹۵	۵-۲-۴- اثرات ناهمسانی هیدرولیکی
۹۶	۶-۲-۴- اثرات لایه‌ها با ویژگیهای متفاوت هیدرولیکی
۹۷	۳-۴- فشار آب منفذی پسماند و ارزیابی روانگرایی
۹۷	۱-۳-۴- مقایسه نتایج با متون فنی
۹۹	۲-۳-۴- اثرات ضریب نفوذپذیری بر نسبت فشار آب منفذی
۱۰۰	۳-۳-۴- اثرات تراکم نسبی بر نسبت فشار آب منفذی
۱۰۱	۴-۳-۴- بررسی اثر یک لایه نفوذپذیر بر عمق روانگرایی

### فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۰۴	۱-۵- مقدمه
۱۰۴	۲-۵- نتایج
۱۰۵	۳-۵- پیشنهادات

۱۰۷	فهرست مراجع
-----	-------------



اجرای این پایان نامه مورد حمایت مالی سازمان بنادر و دریانوردی قرار گرفته است و سازمان به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارائه این اثر در سایت SID می‌نماید.



## چکیده:

در دهه‌های گذشته پدیده اندرکنش اسکلت خاک با موج، توجه بسیاری از مهندسين ژئوتکنیک دریایی و مهندسين ساحلی را به خود جلب کرده است که یکی از دلایل آن، خرابی سازه‌های دریایی مثل؛ خطوط لوله، مخازن، پایه‌ها و اسکله‌ها، موج شکن و غیره به دلیل ناپایداری بستر دریا ناشی از موج در مجاورت این سازه‌ها می‌باشد. واکنش خاک بستر دریا که در معرض امواج پیشرونده قرار دارد در تحلیل و طراحی سازه‌های دریایی نقش مهمی را داراست. یک سیمای از این واکنش؛ که در رسوبات غیر چسبیده ملاحظه می‌شود، قابلیت ناپایداری بستر دریا در نتیجه ایجاد فشار منفذی در خاک، به علت عمل دوره‌ای امواج می‌باشد.

تحت اثر بارگذاری امواج، هم فشارهای حفره‌ای گذرا و هم فشارهای حفره‌ای پسماند در بستر دریا ایجاد می‌گردد. فشارهای حفره‌ای گذرا از پاسخ ترکیبی اسکلت خاک و آب منفذی به بارهای موج ایجاد می‌شوند. فشار آب منفذی پسماند توسط تنش‌های برشی دوره‌ای ایجاد می‌شوند که این تنش‌ها در نتیجه فشارهای دینامیکی موج به وجود می‌آیند. در این پژوهش، روشی جهت محاسبه تنش‌ها، فشارهای آب منفذی و همچنین عمق روانگرایی ناشی از فشار آب منفذی پسماند ارائه گردید.

برای محاسبه فشار آب منفذی گذرا و تنش‌های ناشی از گذر موج بر بستر دریا از نرم افزار FLAC استفاده و نتایج حاصل از این روش با راه حل یاماموتو-مادسن مقایسه گردید. فشار آب منفذی پسماند؛ با سازوکاری شبیه زلزله، با استفاده از روش اجزاء محدود در عمق بستر دریا محاسبه و عمق روانگرایی مشخص گردید. راه حلی ترمیمی جهت پیشگیری از امکان وقوع روانگرایی نیز در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت.

**کلمات کلیدی:** امواج آب، فشار آب منفذی، روانگرایی، تنش برشی دوره‌ای.