دانشگاه آزاد اسلامی

واحدتهران مرکز

دانشکده نیایش، گروه عمران

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

گرایش مکانیک خاک و پی

عنوان

مدلسازی عددی تاثیر روانگرایی ناشی از بارگذاری موج بر پایداری شیروانی های خاکی

استاد راهنما

دکتر ایرج رحمانی

استاد مشاور

دکتر سهیل قره

پژوهشگر

سید محمد مهدی مدنی

تابستان ۱۳۹۰

تقدیم به :

پدر و مادر مهربان و عزیزم

چکیده:

با پیشرفت روز افزون علم و کاربرد مواد ژئوسنتتیک در عملیات های عمرانی، موج شکن های نوینی متشکل از مصالح ژئوسنتتیکی پیشنهاد و احداث شده است. از جمله این نوع از موج شکن ها، موج شکن GCS (Geosynthetic Cellular System) می باشد. موج شکن GCS از یک قاب فولادی مشبک که ژئوتکستایل در سراسر سطوح داخلی آن جایگذاری شده و به وسیله مصالح پرکننده (معمولا ماسه ای) پر شده ، تشکیل شده است. به دلیل اینکه پایداری موج شکن GCS بر اساس وزن آن می باشد، هر گونه تغییر در وزن این نوع از موج شکن ها سبب به خطر افتادن پایداری کلی این موج شکن می شود. با توجه به اینکه مصالح پرکننده این نوع از موج شکن ها از مصالح لایه روبی (ماسه اشباع با تراکم کم) می باشد، احتمال رخداد پدیده روانگرایی مصالح خاکی این موج شکن ها بر اثر بار موج وجود دارد. روانگرایی سبب کاهش وزن موج شکن و در نتیجه نا پایداری کلی موج شکن می شود. در این طرح به بررسی یک مدل فیزیکی از موج شکن GCS که در آزمایشگاه "موسسه تحقیقات آب" با حمایت مالی "پژوهشکده حمل و نقل" مورد آزمایش قرار گرفته است، پرداخته می شود و احتمال رخداد پدیده روانگرایی با توجه به نتایج آزمایش مورد بحث و بررسی قرار می گیرد. در ادامه نتایج حاصل از آزمایش با نتایج حاصله از آنالیز مدلسازی عددی با نرم افزار FLAC بررسی گردده و میزان اعتبار نرم افزار FLAC برای آنالیز این نوع از موج شکن ها تعیین می گردد.

فصل اول

آشنایی با موج و مشخصات آن

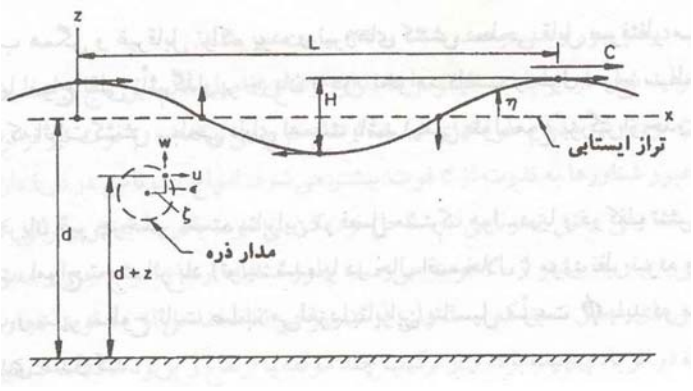
مقدمه :

اطلاع در مورد مشخصه هایی از قبیل ارتفاع و پریود امواج دریا یکی از نیازهای اساسی بسیاری از دانشمندان، محققین، مهندسین عمران، علوم و فنون دریایی، ناوبری، شیلات ... و حتی ساکنین نواحی ساحلی می باشد. این اطلاعات در زمینه طراحی، ساخت، اجرا، نصب و انتقال سازه های دریایی مانندسوها، شناورها، موجشکنها و ... ، همچنین جهت تخمین میزان حمل و انتقال رسوبات دریایی، برآورد میزان فرسایش و رسوب گذاری ایجاد شده در مجاورت سازه های دریایی و بنادر اهمیت دارند.

امواج از مهمترین پدیده هایی دریایی هستند که به دلیل ماهیت پیچیده واتفاقی خود از مشکلترین موضوعات تحقیقاتی و مهندسی به شمار می آیند. مهندسین سواحل و بنادر به دنبال شناخت اقلیم امواج درمناطق مختلف و تعیین مشخصه های بزرگترین امواج محتمل و رژیم سالانه امواج می باشند. به دلیل اینکه موج شکنی که در این طرح مورد مدلسازی فیزیکی و عددی قرار می گیرد با فرضیه قرارگیری در سواحل جنوبی می باشد لازم است که توضیح مختصری در این مورد ارائه گردد. با توجه به سواحل جنوبی ایران در کرانه دریای عمان بصورت اتفاقی و غیر معمول تحت تأثیر طوفانهای استوایی قرار دارد. این طوفان ها قادرند شرایط امواج بزرگ را در این نواحی باعث شوند در بسیاری از مناطق در امتداد این خطوط ساحلی، به خصوص در قسمت های مرکزی وشرقی، امواج ناشی از طوفان های استوایی شرایط غالب موج طراحی ساحلی را تشکیل می دهند؛ چرا که ارتفاع این امواج از مقادیر متناظر ناشی از پدیده های دیگر جوی مانند بادهای موسمی جنوب غربی یا باد شمالی شمال تجاوز می کند.

۱-۱ خصوصیات و ویژگی های عمومی موج :

قبل از هر گونه بحث و بررسی درباره نیرویی که موج ایجاد می کند بهتر است که از اجزاء موج و پارامترهای آن آشنا شویم. در همین راستا در زیر به تعریف مشخصات کلی موج و برخی از معادلات آن را می پردازیم :



شکل۱ -۱ : تعریف پارامتر های موج [۱]

با توجه شکل ۱-۱پارامترهای عمومی موج را می توان به صورت زیر تعریف نمود:

- **سرعت موج** : به دو مولفه یکی در راستای قائم و دیگری در راستای افقی تقسیم می گردد. و با توجه به عمق آب این مولفه نسبت به هم تغییر می نمایند.
- **عمق آب** : برابر با ارتفاع از کف بستر تا سطح SWL[۱]می باشد.
- **طول موج** : عبارت است از میزان مسیری که یک موج در یک سیکل می پیماید. طول موج را می توان با توجه به پریود و عمق آب محاسبه نمود.
- **ارتفاع موج** : برابر با فاصله قعر تا تاج موج می باشد. انواع تعاریف دیگری از ارتفاع نیز برای موج تعریف شده است ازجمله آنها می توان به ارتفاع موثر[۲] ، ارتفاع با احتمال ۱/۳ (H۱/۳) و ارتفاع با احتمال ۱/۱۰ (H۱/۱۰) اشاره نمود. با توجه به پارامترهای عمومی موج سرعت کلی موج (C) را می توان به صورت معادله(۱-۱) تعریف نمود[۱].

$$C = L/T \qquad (۱-۱)$$

دو پارامتر دیگر برای موج تعریف می شود این دو پارامتر بی بعد هستند و می توانند معیار مناسبی برای بیان مشخصات کلی موج باشند که عبارتند از عدد موج و فرکانس زاویه ای موج :

$$k = 2\pi/L \qquad (۲-۱)$$

$$\sigma = 2\pi/T \qquad (۳-۱)$$

اصطلاحات " تندی موج " که نسبت ارتفاع به طول موج (یعنی H/L) و " عمق نسبی " که نسبت عمق آب به طول موج (یعنی d/L) نیز تعریف می گردد که در مباحث مربوط به شرایط امواج کاربرد دارند. در ادامه برای درک بهتر مشخصه های موج به طور مفصل تری به بررسی برخی از آنها پرداخته می شود. به دلیل اینکه میزان عمق آب در برخی از این پارامتر ها تاثیر گذار است تعریف مختصری از تقسیم امواج با توجه به عمق آب اشاره می شود.

۱ . Still Water Level
۲ . Significant

۱-۱-۱ تقسیم بندی امواج بر اساس عمق آب:

در مهندسی سواحل با توجه به عمق آب پارامترهای موثر موج که در طراحی سازه های دریای موثر است تعیین می گردد. امواجی که در نزدیکی ساحل تولید می شوند، به شرایط محیطی ساحل (توپوگرافی ، نحوه تغییرات عمق آب ، شرایط هیدرولوژی و . . .) وابسته می باشند. این در حالی است که امواج دور از ساحل بیشتر به شرایط هیدرولوژی وابسته می باشند. با توجه به این مسئله امواج از لحاظ عمق آبی که در آن شکل می گیرند و گسترش می یابند به سه دسته زیر تقسیم می شوند[۱]:

۱- آبهای کم عمق[۳] $d/L < 0.05$

۲- آبهای با عمق متوسط یا انتقالی[۴] $0.05 < d/L < 0.5$

۳- آبهای عمیق[۵] $d/L > 0.5$

۱-۱-۲ سینماتیک موج :

مولفه سرعت آب با توجه به تحقیقات محققین متشکل از سه بخش می باشد :

۱- سرعت ذرات در آب عمیق

۲- تغییرات سرعت ذره در ستون آب قائم در یک محل داده شده و تغییرات سرعت ذره ناشی از حرکت موج از آب عمیق به آب کم عمق (داخل کروشه)

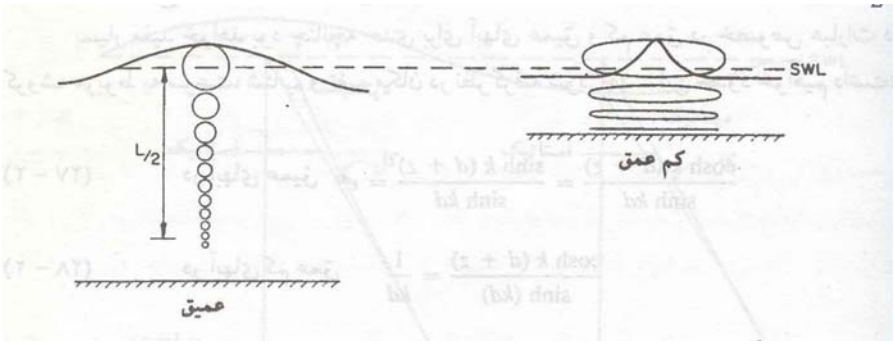
۳- عبارت فازی که وابسته به موقعیت موج در زمان است.

با توجه به تقسیم بندی امواج و پارامتر سرعت درآب مدارهای حرکتی ذرات آب در آب عمیق و کم عمق مطابق با شکل ۱-۲ می باشد. با توجه به شکل ۱-۲ مدار حرکت ذرات آب در نواحی عمیق دایره ای که با پیشروی در عمق آب تا نصف طول موج ، دیگر آب حرکتی ندارد و در نواحی کم

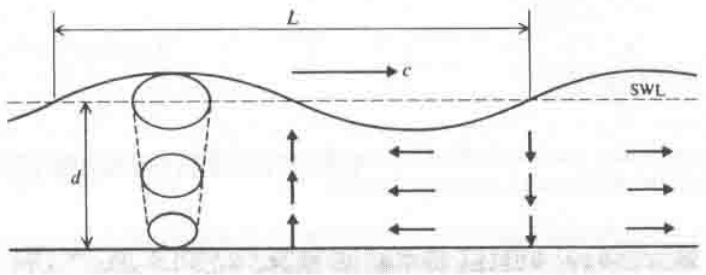
---

۳ . Shallow water
۴ . Intermediate Depth water
۵ . Deep water

عمق به صورت بیضوی در سطح آب و خطی در کف بستر می باشد. در شکل ۱-۳ جهت حرکت ذرات آب را در آبهای کم عمق نشان می دهد.



شکل ۱-۲ : نمایش مدار های حرکتی ذرات آب در نواحی عمیق و کم عمق [۱]

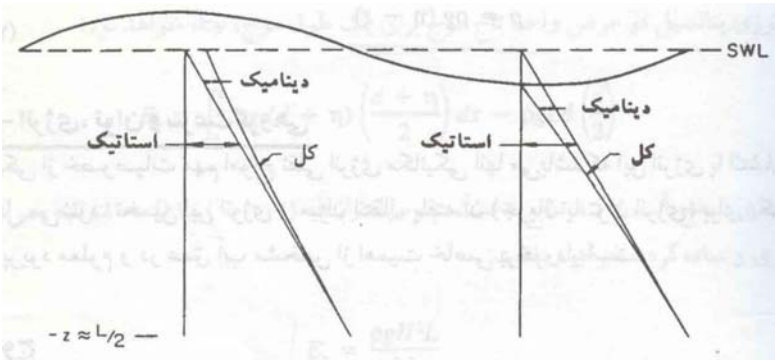


شکل ۱-۳ : نمایش برداری حرکت ذرات آب در نواحی کم عمق [۱]

۱-۱-۳ فشار محیط :

فشار ناشی از موج بر روی سازه های دریایی شامل دو بخش می باشد که بخش اول بیانگر تغییرات متعارف هیدرو استاتیکی فشار و بخش دوم نمایانگر تغییرات دینامیکی فشار ناشی از شتاب ذرات موج است. این مولفه های فشار در شکل ۱-٤ در یک مقطع قائم از تاج تا قعر موج نمایش داده شده است و به وسیله معادله ۱-٤ می توان فشار آب را محاسبه نمود که دو بخش از فشاری که اشاره شده کاملا نمایان می باشد [۱].

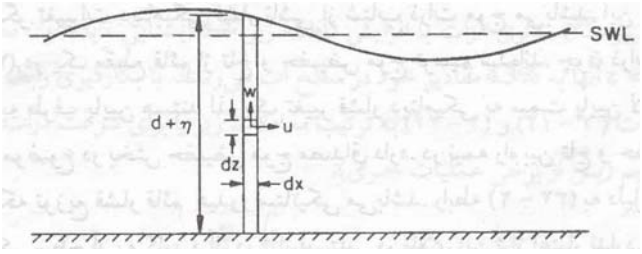
$$p = -\rho g z + \frac{\rho g H}{2}\left[\frac{\cosh k(d+z)}{\cosh kd}\right]\cos(kx - \sigma t) \qquad (٤-١)$$



شکل ۱-٤ : توزیع فشار قائم موج در آبهای عمیق [۱]

۱-۱-٤ انرژی موج :

یکی از خصوصیات مهم امواج ثقلی انرژی مکانیکی آنها می باشد که این انرژی با انتشار موج به جلو منتقل می شود. تخمین این انرژی و میزان انتقال یافته آن (جریان یا توان انرژی) برای یک موج با ارتفاع و پریود معلوم و در عمق آب مشخص از اهمیت خاصی بر خوردار است. انرژی مکانیکی کل در یک موج ثقلی سطحی عبارت است از ترکیب انرژی های جنبشی و پتانسیل می باشد. برای ارزیابی هر یک از این انرژی ها، شکل ۱-۵ مورد نظر قرار می گیرد.



شکل ۱-۵ : نمایش پارامترهای موج برای محاسبه انرژی موج [۱]

۱- انرژی جنبشی[۱]:

$$E_k = \int_0^L \int_{-d}^{\eta} \frac{1}{2} \rho \, dx \, dz (u^2 + w^2) \qquad (۵-۱)$$

$$E_k = \frac{\rho g H^2 L}{16} \qquad (۶-۱)$$

۲- انرژی پتانسیل[۱]:

$$E_k = \int_0^L \rho g (d + \eta) \left(\frac{d+\eta}{2} \right) dx \quad \rho g L d \left(\frac{d}{2} \right) \qquad (۷-۱)$$

$$E_p = \frac{\rho g H^2 L}{16} \qquad (۸-۱)$$

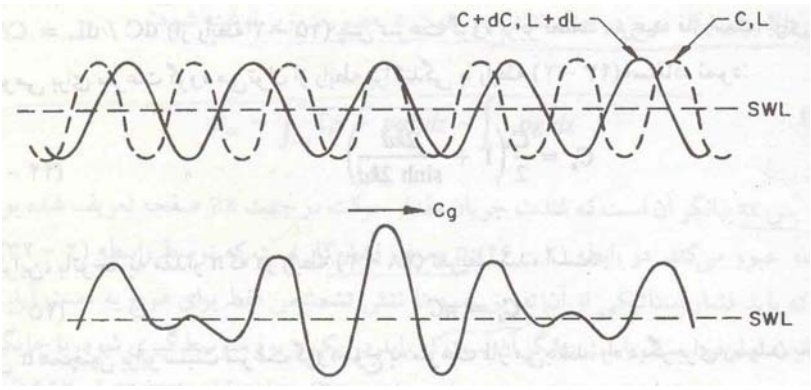
$$E = E_k + E_p = \frac{\rho g H^2 L}{8} \qquad (۹-۱)$$

با توجه به معادلات فوق چگالی انرژی یا انرژی مخصوص موج به صورت زیر محاسبه می گردد[۱]:

$$E = \frac{E}{L(1)} = \frac{\rho g H^2 L}{8} \qquad (۱۰-۱)$$

۱-۲ سرعت گروه موج :

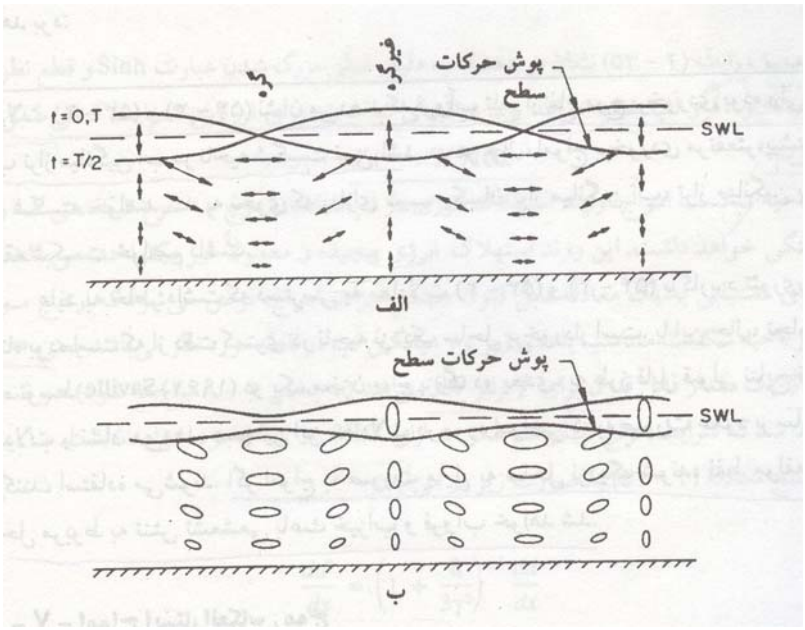
برای بیان چگونگی تشکیل گروه موج و سرعت آن شکل ۱-۶ را در نظر میگیریم. همانطور که از شکل ۱-۶ الف نمایان است دو قطار موج منفرد با پریودهای مختلف در یک جهت در حال انتشار می باشد که در اثر ترکیب با یکدیگر پروفیل موج ایجاد شده در شکل ۱-۶ ب نشان داده شده است. با توجه به آزمایشات صورت پذیرفته توسط محققین مختلف این مسئله نمایان گشت که سرعت گروه موج (C_g) از سرعت موج منفرد کمتر می باشد. دلیل این مسئله این است که امواج جلویی گروه به تدریج کاهش ارتفاع پیدا کرده و به تدریج محو می گردند، در حالی که امواج جلویی ارتفاع خود را از دست می دهند امواج جدید در عقب گروه شروع به رشد کردن می کنند. یک موج جدید در هر پریود موج ظاهر می شود به نحویکه تعداد کل امواج در گروه بطور پیوسته افزایش می یابد. این پدیده باعث می شود که گروه موج دارای سرعت کمتر از سرعت هر یک از امواج به تنهایی باشد.



شکل ۱-٦ : دو قطار موج نشان داده شده به صورت الف) جداگانه ب) ترکیب شده [۱]

۱-۳ امواج ایستا و انعکاس موج :

یک سازه صلب نظیر یک دیوار قائم ، امواج برخوردی را منعکس نموده به طوریکه دامنه موج منعکس شده به خصوصیات موج و دیواره بستگی خواهد داشت. وقتی که موج منعکس شده از میان امواج برخوردی عبور می کند، یک موج ایستا حاصل خواهد شد. هنگامی که دو موج دارای ارتفاع و پریود یکسان ولی در حال انتشار در دو جهت مخالف در طول محور x در نظر گرفته شوند. زمانی که این دو موج با هم ترکیب می شوند، حرکت حاصل موج ایستا خواهد بود که در شکل ۱-۷ الف ترسیم شده است. در این حالت ذرات آب در یک سیکل مشخص نوسان می نمایند.



شکل ۱-۷ : حرکت ذرات موج ایستا و پوش نیمرخ سطح الف) Cr =۱ ب) Cr<۱

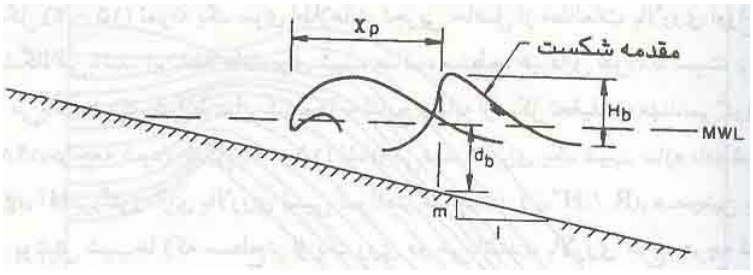
در موج ایستا ، سرعت ذره در زیر یک نقطه غیر گرهی همیشه قائم است. اگر یک دیوار صلب، بدون اصطکاک، قائم ، غیر قابل نفوذ در محل های غیر گرهی قرار گیرد، حرکت ذره آب بدون تحت تاثیر خواهد بود. بنابراین ، یک موج ایستا ناشی از انعکاس یک موج پیش رونده توسط دیوار بوجود می آید. وقتی که شیب دیوار کاهش می یابد، دیوار به حالت ارتجاعی در آمده و یا سطح آن زبر و نفوذپذیر شود و ارتفاع موج انعکاس یافته کوچکتر از ارتفاع موج برخوردی خواهد شد بر همین اساسی توان ضریب انعکاس Cr را به صورت زیر تعریف نمود[۱]:

$$C_r = \frac{H_r}{H_i} \qquad (۱۱-۱)$$

که در آن H_r ارتفاع موج منعکس شده و H_i ارتفاع موج برخوردی می باشد. وقتی که ضریب انعکاس از یک به صفر کاهش می یابد ،مسیر ذرات از حالت یک موج ایستای خالص به حالت مداری در موج خالص پیش رونده تبدیل می شود.

۱-۴ شکست موج :

وقتی که یک موج در آبهای متوسط و کم عمق منتشر می شود، یک نیمرخ غیر متقارن اولیه نسبت به محور افقی بوجود می آید که تاج موج حالت تیزی و قعر آن حالت مسطح دارد. همچنین یک حالت غیر متقارن حول محور قائم در سرتاسر تاج به وجود می آید. این عدم تقارنها در نهایت به ناپایداری و شکست موج ختم می شود.



شکل۱-۸ : نیمرخ غیر متقارن موج[۱]

Miche (۱۹٤٤) یک معادله ساده برای حالت شکست موج در هر عمق آب به صورت زیر ارائه نمود که در این معادله از شیب بستر صرف نظر شده است. از این معادله می توان برای حد شکست موج در عمق های مختلف آب استفاده نمود و با توجه به آن مرزی برای حالت شکست موج تعیین نمود. در زیر رابطه ای ساده تر این معادله برای آبهای عمیق و کم عمق آورده شده است[۱]:

$$\left(\frac{H}{L}\right)_{max} = \frac{1}{7}\tanh\frac{2\pi d}{L} \qquad (۱-۱۲)$$

در آبهای عمیق رابطه (۱-۱۲) به صورت زیر ساده می شود [۱]:

$$\left(\frac{H_0}{L_0}\right)_{max} = \frac{1}{7} \qquad (۱-۱۳)$$

در آبهای کم عمق رابطه (۱-۱۲) به صورت زیر ساده می شود [۱]:

$$\left(\frac{H_0}{L_0}\right)_{max} = \frac{1}{7}\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \qquad (۱-۱٤)$$

$$\left(\frac{H}{d}\right)_{max} = 0.9 \qquad (۱-۱۵)$$

با توجه به رابطه ۱-۱۵ در آبهای کم عمق ، ارتفاع امواج به وسیله عمق آب محدود می شود در نتیجه بزرگترین موجی که می تواند به سازه برسد، اصولا به عمق آب جلوی سازه بستگی دارد. به عبارت دیگر برای هر نوع سازه یک محدودیت ارتفاع موج وجود دارد تا موج در هنگام رسیدن به سازه نشکند.

۱-۴-۱ نحوه شکست امواج:

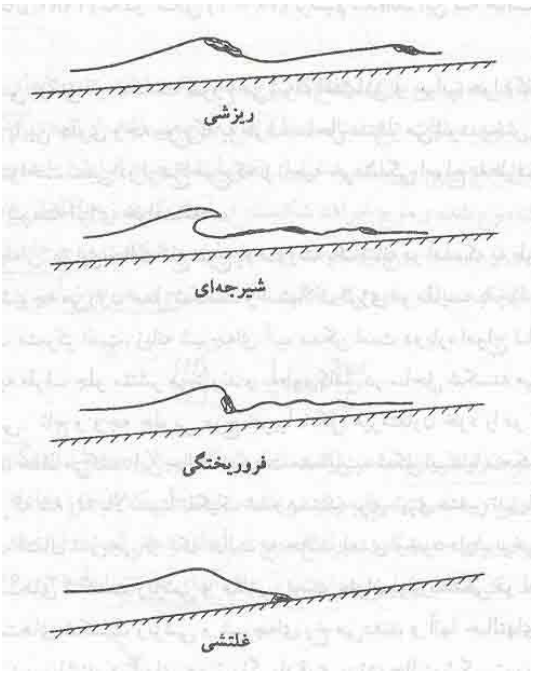
بر اساس تحقیقات انجام شده توسط مرکز تحقیقات دریایی ارتش آمریکا (۱۹۸٤) ، شکست امواج در سواحل معمولا در سه رده طبقه بندی می شود. بر اساس این طبقه بندی نوع نیروی وارد بر سازه (مایل) و میزان خرابی تعیین می گردد و با توجه به آن تمهیدات لازم جهت جلوگیری از فرسایش قسمت های مختلف سازه صورت می پذیرد. این طبقه بندی به صورت زیر می باشد:

۱- ریزشی

۲- شیرجه ای

۳- غلتشی

در شکل ۱-۹ نمایی از این شکست امواج ارائه شده است.

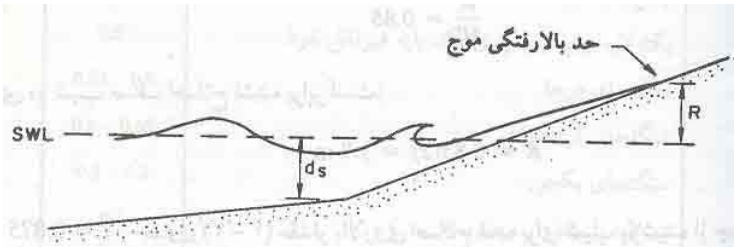


شکل ۱-۹ : رده بندی شکست موج [۱]

طراحی بعضی سازه های ساحلی برای امواج بزرگتر که قدری جلوتر از سازه (به طرف دریا) می شکنند و به سمت جلو شیرجه رفته تا به سازه اصابت نماید ، انجام می شود. بنابر این هنگام طراحی یک سازه برای شرایط موج شکست، عمق بحرانی شکست در بعضی نقاط جلوی سازه (به طرف دریا) قرار دارد که وابسته به فاصله شیرجه شکست X_p ترسیم شده در شکل ۱-۸می باشد. برای طراحی سازه ها باید معمولا از امواجی استفاده نمود که در فاصله X_p ۰/۵ جلوی سازه (به طرف دریا) می شکنند. دلیل این امر این است که در این فاصله حداکثر نیروی موج بر سازه اعمال می گردد.

۱-۵ بالا روی امواج :

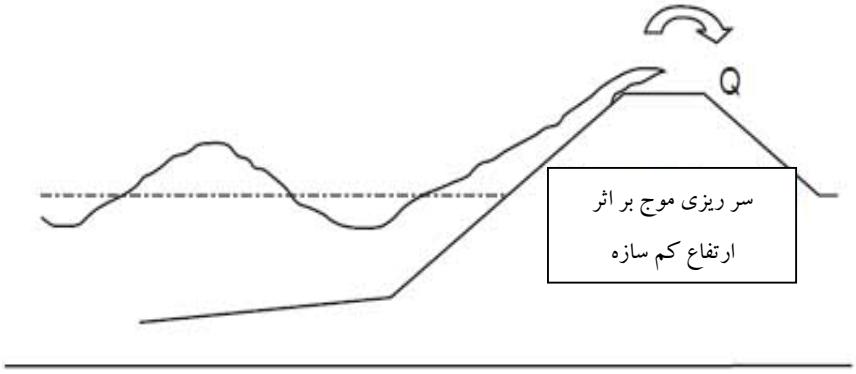
وقتی که یک موج می شکند ، قسمتی از انرژی باقیمانده به آب نیرو داده به طوریکه آب روی وجه ساحل یا سازه ساحلی شیبدار ، بالا می رود. مقدار ارتفاع بین سطح متوسط آب و ارتفاع قائم میزان پیشروی آب را ارتفاع بالا روی موج می نامند.



شکل ۱-۱۰ : بالا روی موج [۱]

۱-۶ سر ریزی (Overtoping) :

هنگامی که بخشی از موج از روی موج شکن عبور نماید سر ریزی رخ می دهد. این حالت تنها برای موج شکن هاو یا سازه هایی مجاز می باشد که نسبت به این امر طراحی شده است. مثلا برای سازه های بتنی نظیر کیسون سر ریزی می تواند روی دهد ولی در سازه های خاکی و امثال آن، سرریزی باعث شستکی مصالح و در بعضی مواقع ناپایداری آن می گردد.



شکل ۱-۱۱ : نمایی شماتیک از سرریزی

۱-۷ نیروی موج بر سازه های دریایی :

روش های مختلفی برای محاسبه نیروی موج بر سازه های دریایی وجود دارد. با توجه به نوع سازه (نفوذپذیر یا نفوذ ناپذیر یا بین این دو) و نوع صلبیت آن (صلب ، نیمه صلب و انعطاف پذیر) نیروی وارده توسط موج تغییر می نماید. به همین دلیل در زیر به بررسی نیروی موج در حالات مختلف و بر اساس نظریه های مختلف پرداخته می شود [۲]. برای درک هرچه بهتر نظریه هایی که گفته می شود، آشنایی با انواع نیرو ها در حالت کلی امری ضروری به نظر می رسد. به همین منظور در زیر انواع نیروهایی وارده بر سازه های ساحلی توضیح داده می شود.

۱-۷-۱ انواع نیروهای وارد بر دیواره اسکله ها و سازه های ساحلی:

هنگام طراحی سازه های دریایی باید به نکات زیادی توجه نمود ، از جمله آنها هدف ساخت، محل قرارگیری سازه در دریا، مدت زمان بهره برداری و میزان اهمیت سازه باید توجه داشت. بر همین اساس نیروهایی که برای طراحی سازه های ساحلی در نظر گرفته می شود متفاوت می باشد. به دلیل اینکه در این طرح درباره موج شکن نوینی صحبت می گردد تاثیر هر یک از این نیرو ها در فصل های آتی بر روی این موج شکن بیان می گردد. به همین منظور به طور خلاصه به بیان این نیرو ها پرداخته شده است. در زیر یک تقسیم بندی کلی از نیروهایی که احتمال وقوع آن وجود دارد ارائه شده است. که با توجه به نیاز این تحقیق در آینده فقط به بررسی اجمالی برخی از آنها پرداخته می شود.

- **نیروهایافقی:**

۱- نیروی پهلوگیری کشتی:

این نیرو به صورت نیروهای هیدرودینامیکی حاصل از انرژی ایجاد شده از نزدیک شدن کشتی است. این نیرو در طراحی پوسته سازه ها و یا طراحی شمع در سکو های دریایی مورد استفاده قرار می گیرد.

۲- نیرو های ناشی از مهار بندی کشتی:

این نیرو که خود تحت تاثیر باد بر بدنه کشتی، اثر جریان بر بدنه کشتی و اثر تلاطم سطح آب هستند.

۳- نیروی جرثقیل و تاسیسات

این نیرو در طراحی بنادر صنعتی نقش مهمی را ایفا می نماید و حتی در مواقعی کل طراحی بندر را متاثر از خود می سازد.

٤- نیروی جانبی خاک(محرک-ساکن-مقاوم):

خاکی که پشت دیوار اسکله است با توجه به مقادیرزاویه اصطکاک داخلی، چسبندگی خاک، وزن مخصوص خاک بالای سطح آب، وزن مخصوص خاک غوطه ور، نیروهای جانبی ای به سطح اسکله وارد می آورد که این نیروها را می توان از روابط معمول مکانیک خاک بدست آورد.

٥- نیروی هیدرواستاتیک آب:

سطح آب داخل خاک در فاصله ای از دیوار حداقل در تراز سطح متوسط آب دریا است پس موقعی که سطح آب دریا پایین تر واقع گردد نیرویی در همان جهت رانش محرک خاک به دیوار اسکله وارد می آید. در شرایطی که موج به سازه بر خورد می نماید نیروی وارد بر سازه شامل دو بخش می باشد که بخش اول شامل نیروی استاتیکی موج می باشد و بخش دوم نیروی سیکلیک موج می باشد. در بخش های آتی توضیحات مفصل تری از این نیروها ارائه می گردد.

٦- نیروی زلزله:

در مناطق زلزله خیز این نیرو مطرح است و سازه ساحلی و یا اسکله باید به گونه ای طرح شود که در مقابل اثرات زمین لرزه مقاومت نماید.

● **نیرو های عمودی:**

۱- وزن سازه اسکله :

در محاسبه پایداری ساختمان باید فشار ارشمیدس را با فرض اینکه مد حداکثر باشد (نامناسب ترین وضعیت) از وزن ساختمان کم کرد. کم شدن وزن در ساختمان گشتاور پایداری را کاهش می دهد و بر خطر لغزش افقی می افزاید.

۲- سر بار های اسکله و بار اندازها :

سر بار ها را در حدی که شرایط پایداری ساختمان را نامساعد تر می گرداند باید به حساب آورد، در این شرایط باید فشار های افقی را که سر بارها وارد می کنند منظور کرد.

به دلیل که سازه تحت آزمایش جزو سازه های قائم ساحلی می باشد در ادامه به بررسی فشار موج بر روی این سازه ها پرداخته می شود.

۱-۸ فشار موج بر روی دیواره های قائم :

محاسبه توزیع فشار موج بر سازه های ساحلی امری بسیار پیچیده می باشد که به دو مورد اساسی یکی شرایط موج در هنگام نزدیک شدن و برخورد به سازه و دیگری شکل سازه و خصوصیات آن بستگی مستقیم دارد[۳]. به همین دلیل برای سازه هایی که از درجه اهمیت بالایی برخوردار است و یا برای اولین بار احداث می شود، انجام آزمایشات کافی در مورد سازه و فشار امواج بر روی آن امری ضروری می باشد. بر همین اساس سه نوع متفاوت فشار موج بر روی سازه های قائم ممکن است رخ دهد که در زیر به بررسی هر یک از آنها پرداخته می شود:

۱- موج ایستا :

این امواج در هنگام برخورد به دیواره هیچ گونه هوایی را در خود مبحوث نمی نمایند. (مشاهده شکل ۱-۱۲) فشار ایجادشده توسط این امواج بر حسب زمان با نرخ منظمی تغییر می نماید و