فصل اول

مکانیک امواج آب

فهرست عناوین **صفحه**

۱-۱- مقدمه ۵
۱-۲- امواج منظم ۹
۱-۲-۱- مقدمه ۹
۱-۲-۲- تعریف پارامترهای موج ۱۰
۱-۲-۳- تئوری موج خطی ۱۱
۱-۲-۳-۱- مقدمه ۱۱
۱-۲-۳-۲- سرعت، طول و پریود موج ۱۴
۱-۲-۳-۳- پروفیل امواج سینوسی ۱۷
۱-۲-۳-۴- برخی توابع مفید و کاربردی ۱۷
۱-۲-۳-۵- شتابها و سرعت‌های محلی سیال ۱۹
۱-۲-۳-۶- جابجایی ذرات آب ۲۱
۱-۲-۳-۷- فشارهای زیر سطحی ۲۸
۱-۲-۳-۸- سرعت گروهی ۳۰
۱-۲-۳-۹- توان و انرژی موج ۳۵
۱-۲-۳-۱۰- جمع‌بندی تئوری موج خطی ۳۸
۱-۲-۴- تئوری موج غیر خطی ۴۰
۱-۲-۴-۱- مقدمه ۴۰
۱-۲-۴-۲- تئوری موج استوکس دامنه محدود ۴۲
۱-۲-۴-۳- فشارهای زیر سطحی ۴۶
۱-۲-۴-۴- حداکثر شیب موج ۴۶
۱-۲-۵- دیگر تئوری های امواج ۴۷
۱-۲-۵-۱- مقدمه ۴۷
۱-۲-۵-۲- تئوری امواج غیر خطی آبهای کم عمق ۴۸
۱-۲-۵-۳- تئوری موج بوزینسک، کورتویچ و وریز ۴۸
۱-۲-۵-۴- تئوری موج نویدال ۴۹
۱-۲-۵-۵- تئوری موج تنها ۵۵
۱-۲-۵-۶- تئوری موج تابع جریان ۶۳

۱-۲-۵-۷- تئوری فنتون-تقریب فوریه ۶۴
۱-۲-۶- شکست موج ۷۲
۱-۲-۷- اعتبار تئوری های امواج ۷۲
۱-۳-امواج نامنظم ۷۷
۱-۳-۱- مقدمه ۷۷
۱-۳-۲- تحلیل موج به موج ۸۳
۱-۳-۲-۱- مقدمه ۸۳
۱-۳-۲-۲- روش تقاطع صفر ۸۵
۱-۳-۲-۳- تعریف پارامترهای موج ۸۶
۱-۳-۲-۴- ارتفاع موج شاخص ۸۹
۱-۳-۲-۵- پارامترهای شرایط دریایی تصادفی و کوتاه مدت ۹۰
۱-۳-۲-۶- توزیع‌های احتمالات درشرایط دریایی ۹۳
۱-۳-۲-۷- توزیع ارتفاع موج ۹۶
۱-۳-۲-۸- توزیع پریود موج ۹۹
۱-۳-۳- تحلیل طیفی ۱۰۲
۱-۳-۳-۱- مقدمه ۱۰۲
۱-۳-۳-۲- تعریف تحلیل طیفی امواج ۱۰۷
۱-۳-۳-۳- نمونه‌هایی از طیف فرکانس ۱۱۲
۱-۳-۳-۴- طیف موج و پارامترهای آن ۱۱۳
۱-۳-۳-۵- رابطه میان $H_{1/3}$، H_sو H_{mo} در آبهای کم عمق ۱۱۶
۱-۳-۳-۶- مدل‌های طیفی پارامتری ۱۱۷
۱-۳-۳-۷- طیف جهت‌دار ۱۲۲
۱-۳-۳-۸- گروه امواج و فاکتورهای گروهی ۱۲۵
۱-۳-۳-۹- شبیه سازی امواج تصادفی ۱۲۹
۱-۳-۳-۱۰- سینماتیک و دینامیک امواج نامنظم ۱۳۱
۱-۴- مراجع ۱۳۲
۱-۵- فهرست و معرفی علائم ۱۴۶
۱-۶- راهنمای لغات ۱۵۱

فصل اول
مکانیک امواج آب

۱-۱- مقدمه

امواج سطحی آب در اقیانوس ها، عمدتا توسط باد تولید می‌شوند و معمولا دوره تناوب بین ۳ تا ۲۵ ثانیه دارند. این امواج هستند که ویژگی های ظاهری اصلی مناطق ساحلی را شکل می دهند. دیگر امواجی که در اقیانوسها مشاهده می‌شود، عمدتا شامل امواج درونی، جزر و مدی و امواج لبه ای هستند. در نخستین فصل از مجموعه حاضر، پارامترهای امواج عمدتا برای امواج ثقلی سطحی در محدوده امواج ناشی از باد با پریود بین ۳ تا ۲۵ ثانیه مورد توجه قرار می‌گیرد.

شناخت این امواج و نیروهای ناشی از آنها به منظور طراحی پروژه های ساحلی ضروری است. چرا که این امواج عوامل اصلی تعیین کننده هندسه سواحل بوده و در مسائلی همچون برنامه ریزی و طراحی لنگر گاهها، آبراهه ها، روشهای حفاظت سواحل، سازه های هیدرولیکی و همچنین سایرکارهای عمرانی و نظامی‌در سواحل نقش موثری دارند. تخمین شرایط امواج عمدتا در کلیه مطالعات مهندسی ساحل مورد نیاز است. هدف این فصل ارائه تئوری ها و روابط ریاضی برای توصیف امواج سطحی اقیانوس و نیروها، شتابها و سرعتهای ناشی از آنهاست. این فصل به دو قسمت اصلی تقسیم شده است: *امواج منظم*[1] و *امواج نامنظم*[2].

در قسمت *امواج منظم*، سعی می‌شود تا جزئیات مکانیک امواج با پریود وارتفاع ثابت تشریح شود. در قسمت امواج نامنظم سعی بر این است تا روش های آماری برای آنالیز امواج نامنظم (امواجی که ممکن است پریود و ارتفاع متغیر داشته باشند) که به واقعیت نزدیکتر هستند، تشریح شود.

در نگاه به سطح دریا، سه بعدی بودن و نامنظم بودن آن به چشم میخورد. سطح آب با زمان تغییر می‌کند و این نشانه غیر دائمی‌بودن شرایط آن است. در حال حاضر، این جریان غیر دائمی‌سه بعدی به صورت کامل با تمام پیچیدگیهایش قابل توصیف نیست. ضمن اینکه هیچکدام از پارامترهای سرعت، شتاب و فشارهای زیر آب که در محاسبات مهندسی مورد نیاز است را نیز به صورت کامل نمی توان برای آن مشخص نمود. در عمل برای تخمین پارامترهای مورد نیاز، تعدادی فرضیات ساده کننده باید به کار روند تا با مقایسه با مشاهدات و تجربیات، مسأله را قابل حل، مطمئن و مفید نماید. برخی از

1Regular waves
2 Irregular waves

فرضیات و تخمینهایی که شرایط سه بعدی و وابسته به زمان سطح دریا را بـه مـدل سـاده تـری بـرای کارهای مهندسی تبدیل می‌کند، ممکن است واقعی نباشد اما به هر حال بنابر مبانی ریاضی ومحاسباتی لازم می باشد.

در قسمت *امواج منظم* این فصل با ساده ترین نمایش ریاضی برای امواج اقیانوسـی بـا فـرض امـواج دو بعدی، کم دامنه، سینوسی و پیشرونده، مشخصات موج شامل ارتفاع و پریود در یک شرایط معلـوم، بـه صورتی قابل تعریف ارائه می گردد. این ساده ترین بیان امواج دریا، محاسبات حرکت و جابجـایی مـوج، سینماتیک امواج (شامل سرعتهاو شتابهای موج) و دینامیک امواج (شامل فشـارها و نیروهـای ناشـی از موج و ممانها) را برای تخمین طراحی مهندسی امکان پذیر میسازد. البته وقتـی ارتفـاع امـواج بزرگتـر می‌شود، دیگر این ساده سازی قابل پذیرش نیست که به این موضـوع در ادامـه پرداختـه خواهـد شـد. قسمت دیگر امواج منظم دو بعدی به امواج غیر سینوسی اختصاص داده شده است. ایـن بیـان نیـاز بـه استفاده بیشتر از تئوری های ریاضی دارد. این تئوری ها غیر خطی بوده و امکان تنظیم روابطی را برای شکل امواج غیر سینوسی فراهم می کند. برای مثال معمولا در آبهای کم عمق ساحلی که ارتفـاع مـوج مقادیر نسبتا زیادی دارد، امواج دارای پای موج[1] مسطح و تاج موج[2] تیز هستند.

قسمت *امواج نامنظم* این فصل به شکل دیگری به تحلیل امواج اقیانوس می‌پـردازد. روش هـای آمـاری برای تشریح مشخصه های سه بعدی و غیر دائمی‌امواج در سیستمهای واقعـی، ارائـه شـده اسـت. بیـان کاملا سه بعدی امواج نیاز دارد که سطح دریا به صورت یکسری امواج نـامنظم کـه در آن حرکـت مـی کنند و دارای مشخصات تصادفی هستند در نظر گرفته شود. برای کمی‌نمودن این حالت تصادفی امواج دریا، در قسمت امواج نامنظم تئوری های آمار و احتمال مورد استفاده قرار گرفته اسـت. حتـی بـا ایـن حال نیز ساده سازی هایی مورد نیاز است. یک دیدگاه این است که شکل سطح دریا بر اسـاس تئـوری فوریه به صورت ترکیبی از امواج سینوسی تعریف شود سپس مشخصـات مـوج بـر اسـاس طیـف مـوج تعیین شوند. این کار امکان ملحوظ نمودن تغیرات امواج را از لحاظ پریود و مسیر حرکت امواج فـراهم می‌نماید. در دیدگاه دوم رکود موج در یک نقطه با یک رشته از امواج مشخص با ارتفاع و پریود متفاوت تعریف می‌شود و سپس تغییرات میدان موج برحسب احتمال وقوع امواج مشخص بیان می‌گردد.

در حال حاضرمهندسین سواحل برای دستیابی به اطلاعات مورد نیاز در طراحـی در کارهـای عملـی از هر دو روش استفاده می کنند. به عنوان مثال از اطلاعات قسمت *امواج نامنظم* می تـوان بـرای تعیـین محدوده شرایط موج و توزیع جهتی انرژی موج اسـتفاده نمـود تـا بـر اسـاس آن یـک ارتفـاع و پریـود

1 Wave trough
2 Wave crest