فصل پنجم

جزر و مد و امواج بلند

فهرست عناوین **صفحه**

۵-۱- مقدمه ۵
۵-۱-۱- هدف ۵
۵-۱-۲- قابلیت کاربرد ۵
۵-۱-۳- شمایی از این فصل ۶
۵-۲- طبقه‌بندی امواج آب ۷
۵-۲-۱- طبقه بندی امواج ۷
۵-۲-۲- بحث و بررسی موضوع ۱۰
۵-۳- جزر و مد سماوی ۱۱
۵-۳-۱- توصیف جزر و مد ۱۱
۵-۳-۱-۱- مقدمه ۱۱
۵-۳-۱-۲- نیروهای تولیدکننده جزر و مد ۱۲
۵-۳-۱-۳- چرخه جزر و مدی شدید و قوی ۱۴
۵-۳-۱-۴- اختلاف روزانه جزر و مدی ۱۵
۵-۳-۲- تحلیل سری زمانی نوسانات جزر و مدی ۱۸
۵-۳-۲-۱- مقدمه ۱۸
۵-۳-۲-۲- مولفه های هارمونیک ۱۹
۵-۳-۲-۳- بازسازی هارمونیک ۲۸
۵-۳-۲-۴- طبقه بندی پوش جزر و مدی ۳۴
۵-۳-۴- فهرست ترازهای اصلی جزر و مدی ۳۵
۵-۴- سطح مبنای تراز سطح آب ۳۷
۵-۴-۱- مقدمه ۳۷
۵-۴-۲- سطح مبنای جزر و مد مشاهده‌ای ۳۹
۵-۴-۳- سطح مبنای *NGVD 1929* ۴۳
۵-۴-۴- سطح مبنای دریاچه‌های بزرگ ۴۳
۵-۴-۵- تغییرات بلندمدت سطوح مبنا ۴۴
۵-۴-۶- سطوح مبنای جزر و مدی ۴۷
۵-۴-۷- تغییر در سطح مبنای دریاچه ها ۵۰

۵-۴-۸- ملاحظات طراحی ۵۰
۵-۵- مد ناشی از طوفان ۵۲
۵-۵-۱- انواع طوفان ۵۲
۵-۵-۱-۱- طوفانهای گرمسیری ۵۳
۵-۵-۱-۲- طوفانهای فراگرمسیری ۵۷
۵-۵-۱-۳- اندرکنش مد ناشی از طوفان با ترازهای جزر و مدی ۵۸
۵-۵-۲- روابط تواتر وقوع طوفانها ۶۱
۵-۵-۲-۱- مقدمه ۶۱
۵-۵-۲-۲- روش تاریخچه ای ۶۲
۵-۵-۲-۳- روش ترکیبی ۶۳
۵-۵-۲-۴- روش شبیه سازی تجربی(EST) ۶۳
۵-۶- امواج ایستا ۷۰
۵-۷- مدلسازی عددی هیدرودینامیک امواج بلند ۷۴
۵-۷-۱- مدلسازی امواج بلند ۷۴
۵-۷-۲- مدلهای فیزیکی ۷۵
۵-۷-۳- مدلهای عددی ۷۵
۵-۷-۳-۱- مقدمه ۷۵
۵-۷-۳-۲- نمونه ای از شبیه سازی جزر و مدی ۷۸
۵-۷-۳-۳- نمونه ای از شبیه سازی مد ناشی از طوفان ۷۹
۵-۸- مراجع
۵-۹- فهرست و معرفی علائم
۵-۱۰- راهنمای لغات

فصل پنجم
جزر و مد و امواج بلند

۵-۱- مقدمه

۵-۱-۱- هدف

در این بخش مولفه‌های اصلی حاکم بر ایجاد تغییرات تراز سطح آب دریا و همچنین چگونگی تاثیر عبور امواج بلند[1] بر رقوم آب مورد مطالعه قرار می‌گیرد. علاوه بر این برخی سطوح مبنای اصلی که قابلیت کاربرد عمومی‌داشته و برای تعریف تراز سطح آب به کار می‌روند، معرفی و توصیف می‌شوند. بخش حاضر راهنمایی ها و اطلاعات مناسبی را در اختیار مهندسین قرار می‌دهد به نحوی که بتوانند مطالعات اولیه طرح هایی را که در آنها نیاز به منظور نمودن ملاحظات تغییرات تراز سطح آب می‌باشد، به طور مناسبی به انجام رسانند. مراجع مورد استفاده از دستورالعمل های طراحی مهندسی که برای طراحی مقدماتی طرح های ساحلی استفاده می‌شوند، انتخاب گردیده اند. در مرحله طراحی جزئیات برای پروژه های پیچیده، نیاز به اطلاعات جزئی تر و شیوه های محاسباتی دقیق تری است که عمدتا با استفاده مدلهای عددی حاصل می‌گردند.

۵-۱-۲- قابلیت کاربرد

اطلاعات ارائه شده در این فصل به طور مستقیم در پروژه هایی که نیاز به تعیین تغییرات تراز سطح آب و یا مشخصات جریان در یک منطقه مشخص دارند، قابل کاربرد است. این کاربردها عمدتا شامل طراحی سازه های ساحلی است که می‌بایست در مقابل ترازهای مشخص و از پیش تعیین شده ای از سطح آب دریا مقاوم باشند. این ترازها بر مبنای تحلیل ها و ارزیابی های متناسب فنی و اقتصادی تعریف می‌شوند. تعیین ترازهای طراحی قابل قبول نیازمند برداشت مناسب از روابط اصلی حاکم بر ترازهای منطقه ای است که عمدتا بر اساس میزان تواتر وقوع هریک تعریف می‌شود.

این اطلاعات می‌توانند از طریق تاریخچه زمانی داده های ثبت شده در یک منطقه و یا با استفاده از مدل های عددی مناسب تولید شوند. مدلهای عددی که برای شبیه سازی طوفانهای به وقوع پیوسته تا کنون مورد استفاده قرار گرفته و واسنجی شده باشند. نمونه های دیگری از تغییرات جریان و تراز سطح آب عمدتا شامل چگونگی الگوی چرخش های جریان جزر و مدی و یا ناشی از اصلاح و یا تغییر در سازه های ساحلی و هندسه بستر در مجاورت آنها، دهانه های ورودی موجود در سواحل و آبراهه های

[1] Long waves

کشتیرانی است. در بررسی این نوع مسائل، استفاده از مدل های عددی و فیزیکی می‌تواند ابزار مناسبی تلقی گردد.

۵-۱-۳- شمایی از این فصل

تشخیص نوع امواج حاکم بر محدودهٔ طرح از جمله مبانی مطالعات درخصوص طرحهای دریایی محسوب می‌گردد. بر مبنای آنچه در فصل دوم این نوشتار ذکر گردید، می‌توان نوع امواج غالب محدودهٔ مورد مطالعه را تشخیص داد. در صورتیکه این تشخیص، امواج بلند را حاکم نشان دهد، می‌بایست با استفاده از مطالب این فصل، برخی شاخص‌های اصلی طراحی مربوط به این امواج را مورد بررسی قرار داد. این شاخص‌ها عمدتا عبارتند از سرعت حرکت امواج بلند، نوسانات تراز سطح آب در آنها و الگوی حرکتی آنها.

امواج بلند با آنچه در فصل دوم تحت عنوان امواج با طول کوتاه مورد بررسی قرار گرفت، در سرعت انتشار، پروفیل سطح وتوزیع سرعت قائم، تفاوت اساسی دارند. از آنجاییکه این موارد تاثیر اصلی در چگونگی طراحی سیستم‌های دریایی می‌گذارد، لذا در این فصل و در بخش ۵-۲، ضمن مروری کوتاه بر دسته‌بندی امواج، به طور خاص به بیان مبانی نظری امواج بلند می‌پردازیم.

یکی از اصلی‌ترین و موثرترین انواع امواج بلند، امواج ناشی از نوسانات جزر و مدی است. لذا در ادامهٔ این فصل مولفه‌های اصلی جزر و مدی و چگونگی تأثیر آنها در شکل‌گیری امواج بلند مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این بررسی ابتدا چگونگی ایجاد پدیدهٔ جرز و مد و شکل‌گیری مؤلفه‌های مختلف آن معرفی شده و آنگاه با ارائه مثال، شیوه بازسازی تغییرات منظم تراز سطح آب ناشی ازعملکرد جزر و مدی در یک منطقهٔ مشخص، بررسی می‌شود. به منظور دستیابی به مبنای مشخصی برای تعریف نوسانات تراز آب و سنجش این نوسانات نسبت به یک سطح مبنای مشخص، در ادامه بحث و در بخش ۵-۴، برخی سطوح مبنای اصلی که به طور استاندارد در مباحث دریایی مورد استناد قرار می‌گیرند، معرفی می‌شوند.

در بخشهای انتهایی این فصل (بخش های ۵-۵ تا ۵-۷) به بررسی عوامل دیگری از ایجاد نوسانات تراز سطح آب پرداخته می‌شود. عواملی همچون طوفانها و یا تغییرات اتمسفریک و هندسی در محدودهٔ سواحل در این بخشها مورد بررسی مقدماتی قرار می‌گیرند. نوسانهای آزاد یا امواج ایستا[1] ناشی از

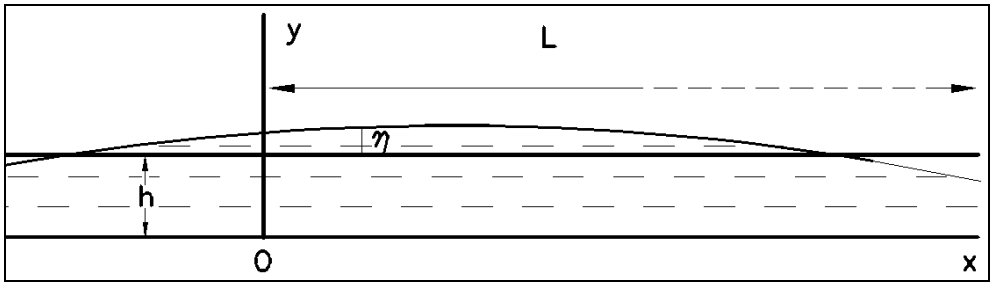
[1] Seiches

عوامل جوی یا زلزله و همچنین امواج سونامی[1] با پریود بلند که در اثر حرکات زمین نظیر زلزله یا آتش‌فشان در زیر دریاها، ایجاد می‌گردند از جمله امواج غیرجزر و مدی محسوب می‌شوند.
به طور خاص در مورد سونامی، مقالات مناسبی براساس یافته‌های آزمایشگاه مهندسی سواحل و هیدرولیک[2] توسط مرجع شماره ۶ ارائه گردیده است. علاوه بر این مرجع شماره ۲ تحت عنوان رقوم آب و ارتفاع امواج برای طراحی سازه‌های ساحلی نیز مباحث مناسبی نسبت به این نوع امواج ارائه نموده است. لذا در این نوشتار کمتر به آن پرداخته می‌شود. بخش نهایی از فصل حاضر، به معرفی مبانی مدلسازی عددی در این خصوص و برخی نمونه‌های انجام شده در سطح بین‌المللی می‌پردازد.

۵-۲- طبقه‌بندی امواج آب

۵-۲-۱- طبقه بندی امواج

بررسی امواج بلند براساس کوچک فرض نمودن دامنهٔ این امواج نسبت به عمق آب صورت می‌پذیرد. مطابق آنچه که در شکل شمارهٔ ۵-۱ ارائه شده است، در این گونه امواج مقدار ارتفاع موج در هر نقطه نسبت به عمق آب در آن ناچیز بوده ضمن اینکه شیب سطح آب نیز مقادیر کوچکی اختیار می‌کند. در چنین شرایطی، حرکت موج در آب تابعی از مقدار ارتفاع و طول موج و همچنین عمق آبی خواهد بود که موج در آن انتشار می‌یابد. بنابراین دسته‌بندی امواج می‌تواند براساس یک نسبت اصلی انجام شود که عبارت است از نسبت عمق آب (h) به طول موج (L). وقتی که این نسبت از مقداری حدودا معادل ۱:۲۰ کوچکتر باشد، عمق آب در مقابل طول موج ناچیز بوده و لذا امواج در چنین شرایطی را می‌توان تحت عنوان امواج آب کم عمق و یا امواج بلند مطالعه نمود (یعنی نسبت η/h کوچک بوده و لذا می‌توان شیب سطح آب یعنی $d\eta/dx$ را کوچک فرض کرد). در شکل شمارهٔ ۵-۱، نمونه‌ای از این نوع امواج بلند مورد معرفی قرار گرفته است.



شکل شماره ۵-۱- الگوی کلی امواج بلند

[1] Tsunami
[2] Coastal and Hydraulic Laboratory (CHL)