الفصل الثانى عشر

شـواطئ البحـــــار

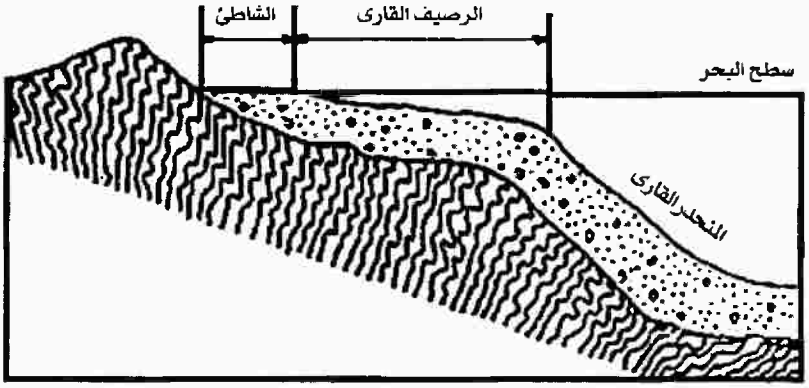
تمثل البحار والمحيطات والمسطحات المائية حوالى ٧١٪ من مساحة الكرة الأرضيـة أى ٣٥١ مليون كيلومتر مربـع تقريباً وتمتد شـواطئ هذه المحيطات المائية إلى أكـثر مـن عشـرات الآلاف من الكيلومـترات حـيث يظـهر الكثـير مـن المشـاكل الهندسـية لحمايـة هـذه الشـواطئ ومنـع تآكلها.

ومن ضمن الأمثلة لتغيير شواطئ البحار لدرجة كبيرة تصل إلى معدل يـتراوح بـين مـترين إلى خمسة أمتار فى العام تحت تأثير الأمواج والعواصف والتيارات نذكر على سبيل المثـال شـواطئ دلتا نهر النيل خاصة عند دمياط ورأس البر حيث دلت الدراسات على تقـهقر الشـاطئ عندهـا بمعدل مترين فى العام قبل إنشاء السد العالى وقد ازداد هذا المعدل بعد إنشاء السد العالى نتيجـة حجز طمى النيل.

شواطئ البحار والمحيطات

قد أثبتت الدراسات التفصيلية لقيعان البحار والمحيطـات علـى أنـها غـير مسطحة ولكنـها تحتوى على سهول وجبال وهضاب تشبه إلى حد كبير تلـك التضـاريس السـطحية التـى توجـد بالقارات. ويبلغ عمق البحار أكثر من ثمانية كيلو مترات وقد ترتفع بعض سلاسل الجبـال فـوق قاع البحر مكونة جزراً كبيرة أو صغيرة على شكل أقواس. وقد توجد براكين نشطة تحت سـطح البحر وينتج عن تراكم الحمم والطفوح البركانية أن تتكون جبال من صخـور بركانيـة قـد تظـهر رءوس بعضها فوق سطح الماء على هيئـة جـزر بركانيـة ومـن أمثلتـها تلـك الجـزر التـى توجـد بالمحيط الهادى.

وتحد معظم البحار بمناطق من المياه الضحلة تحيـط بالقـارات مكونـة الأرصـفة القاريـة التـى تختلف فى اتساعها وعرضها اختلافاً كبيراً. وتتدرج الأرصفة القاريـة فـى انحدارهـا إلى أعمـاق تصل إلى حوالى ٢٠٠ متر ثم يزداد عمقها فجأة لدرجة كبيرة مكونـة المنحـدرات القاريـة (شـكل ١٢٣) بينما تعرف منطقة المياه الضحلة المغلفـة للرصيـف القـارى والتـى تحدهـا دروع القـارات بمنطقة الشاطئ وتدل دراسة هجرة شواطئ البحار بأن المنحدرات القارية هى فى الواقع الحدود الحقيقية للقارات.



شكل رقم (١٢٣): الرصيف القارى والمنحدر القارى.

ويرجع تغير شواطئ البحار إلى حركة المياه المستمرة وكمية الطاقة الهائلة التى تخترقها الأمواج والتيارات البحرية والتى قد تظهر على شكل تحريك كتل هائلة من الصخور أو على شكل سرعات عالية جدا للتيارات والأمواج ويختلف نوع التيارات وقوة تأثيرها ومجال عملها تبعًا لعمق المياه.

أنواع شواطئ البحار:

تصنف شواطئ البحار تبعاً للعلاقة بين اليابسة والماء إلى أربعة أنواع رئيسية هى:

١- الشواطئ الناتجة عن غزو البحر Submergence Shoreline

٢- الشواطئ الناتجة عن تقهقر البحر Emergence Shoreline

٣- الشواطئ المركبة Compound Shoreline

٤- الشواطئ المحايدة Neutral Shoreline

١- الشواطئ الناتجة عن غزو البحر:

فى كثير من أنحاء العالم يرتفع مستوى ماء البحر بالنسبة للأرض أو قد تنخفض الأرض بالنسبة لسطح البحر وينتج عن ذلك أن عدة كيلومترات من الأراضى الساحلية تصبح تحت سطح البحر ويتحدد شكل الشاطئ الناتج بتضاريس الأراضى التى تغطيها المياه فإن كانت المنطقة التى غطتها مياه البحر مستوية نشأت سواحل خطية مستقيمة ومسطحات عريضة من المياه الضحلة، بينما تنتج المناطق ذات المرتفعات شواطئ غير منتظمة تحتوى على جزر متعددة.

٢ - الشواطئ الناتجة عن تقهقر البحر:

وتنشأ نتيجة انحسار ماء البحر أو ارتفاع الأرض بالنسبة لسطح البحر وتنشأ شواطئ مستقيمة مصحوبة بتكوين بعض الجزر والخلجان والموانئ الطبيعية:

٣- الشواطئ المركبة:

كثير من شواطئ البحار لها تاريخ معقد من غزو البحر وتقهقره وانخفاض الأرض وارتفاعها وتعرف هذه السواحل بالشواطئ المركبة.

٤ - الشواطئ المحايدة:

وهى التى لا يعزى وجودها إلى غزو وانحسار البحر ومن أمثلتها شواطئ الدلتا مثل دلتا نهر النيل أو نمو الشعب المرجانية كتلك التى توجد بالقرب من سواحل البحر الأحمر.

حركة الأمواج

تضطرب الأجسام المائية المكشوفة الراكدة بدرجات متفاوتة بفعل الأمواج التى يعتمد حجمها وطاقتها على المساحة الكلية للمسطح المائى، وعمق المياه وشدة الاضطرابات التى تسبب الأمواج. وقد تتأثر بعض الشواطئ قليلا بفعل الأمواج حيث تكون المياه ضحلة أو لوجود وسائل حماية طبيعية للشاطئ ضد الأمواج كأن تكون صخور الشاطئ صلبة قوية لا تتآكل بسهولة.

النظرية الموجية:

توجد الأمواج كأشكال منتظمة مستمرة على صورة ارتفاعات تليها انخفاضات بأبعاد متنوعة ومتغيرة، وتحدث هذه الأمواج من تداخل الغلاف الجوى مع الغلاف المائى وهى عبارة عن التغيرات السطحية الخارجية التى يعانيها الغلاف المائى بالمقارنة بالأمواج الداخلية التى تحدث أحياناً عند تداخل غلافين مختلفين فى الكثافة. ويوجد نوعان من الأمواج التى تؤثر على الشواطئ والسواحل هما:

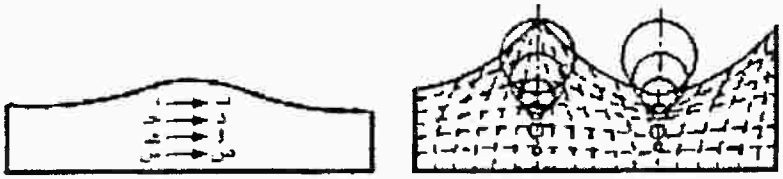
(أ) الأمواج الانتقالية.

(ب) الأمواج الاهتزازية.

الأمواج الانتقالية Translational Waves

هى النوع الذى تتحرك فيه الجزئيات إلى الأمام مع الموجة دون الرجوع إلى مكانها الأصلى، وتتكون الحركة الأمامية من مجموعة من المسارات التى تشبه إلى حد ما الشكل البيضاوى الذى تجتازه الجزيئات ولا تحدد الحركة بالسطح فقط ولكن تأخذ جميع جزيئات الماء فى العمق دورها فى الحركة وتصبح الأشكال شبه بيضاوية مفلطحة فى العمق كما تصير فى القاع عبارة عن إزاحات متتالية فى خط مستقيم . وبالرغم من أن انتقال جزيئات الماء نفسها قد تكون قصيرة إلا أن تأثيرها ينتقل تدريجيا وبذلك تتحرك الموجة لمسافة كبيرة وتتميز المناطق الساحلية بالموجات الانتقالية ويمكن تلخيص التغيرات التى تصاحب هذه الموجات أثناء تقدمها من المياه العميقة إلى المياه الضحلة إلى زيادة فى ارتفاع الموجة ونقص فى طولها وسرعتها كما يصبح الجانب الأمامى للموجة أكثر انحداراً عن جانبها الخلفى كذلك تصبح المدرات الدائرية لجزيئات الماء ذات شكل بيضاوى (شكل ١٢٤) وعندما ترتطم الموجة بالشاطئ فإن ثلثين إلى ثلاثة أرباع ارتفاع الموجة يكون فوق السطح الساكن للماء وأثناء الاصطدام ينهال الجزء العلوى

للموجة على الانحدار الأمامى للشاطئ بسرعة أكبر من مسار الموجة وعند خط الاصطدام وبعده تكتسب الموجة حركة انتقالية.



شكل رقم (١٢٤)

(أ) الأمواج الاهتزازية. (ب) الأمواج الانتقالية.

ويمكن التعبير الرياضى عن الموجات الانتقالية فى المياه متناهية العمق بالعلاقات الآتية:

$$ل = \left(\frac{حـ}{٢ط} \cdot ن^{٢}\right) \qquad (١)$$

$$س = \frac{ل}{٢ط} = \left(\frac{حـ}{٢ط} \cdot ن\right) \qquad (٢)$$

حيث: ل = طول الموجه

ن = زمن الموجة

س = سرعة الموجة

حـ = عجلة الجاذبية

ط = النسبة التقريبية

وبالتعويض تصير العلاقة بين السرعة وطول الموجة هى:

$$س = ١٢,٥\ ل \qquad (٣)$$

الأمواج الاهتزازية Oscillatory Waves

وهى التى تتحرك فيها كل جزيئات الماء فى مدار مغلق حول مكانها الأصلى وتتقدم الموجة بشكل عام. أما جزيئات الماء فإنها لا تنتقل أو قد تتقدم ببطء فى اتجاه الموجة. ويعادل ارتفاع الموجة نصف قطر المدار الذى يتحرك فى نطاقه جزئ الماء. وتتقدم الأمواج الاهتزازية لدرجة كبيرة بازدياد العمق وبصفة عامة فإنه عندما يصل العمق (ع) = $\frac{١}{٩}$ ل يقل نصف قطر المدار (ارتفاع الموجة) إلى النصف.

قاعدة الموجة Wave base

يعرف على أنه العمق الذى يقل عنده ارتفاع الموجة الاهتزازية (سعة الموجة) لدرجة بحيث تصبح عاجزة عن تحريك أصغر الحبيبات الصلبة التى توجد على القاع ويتوقف منسوب قاعدة الموجة على ارتفاع وطول أكبر الموجات التى تحرك سطح الماء كذلك حجم أصغر حبيبات الفتات التى توجد بالقاع.

والأمواج الاهتزازية لها طاقة حركية (Kinetic) وطاقة وضع (potential) وتعزى طاقة الحركة إلى الحركة المدارية للجزيئات المائية. بينما تعزى طاقة الوضع إلى الاختلاف فى ارتفاع قاعدة الموجة، ويمكن التعبير عن الطاقة الكلية للموجة بالمعادلة الآتية :

$$ق = ٨ \, ل \, هـ^{٢} \left(١ - ٤,٩٣٥ \frac{هـ^{٢}}{ك^{٢}}\right)$$

حيث: ق = الطاقة الكلية، ل = طول الموجة بالقدم

هـ = ارتفاع الموجة بالقدم ك = كتلة الماء المحرك

عمل الأمواج

عندما تتقابل الأمواج الانتقالية مع عائق رأسى مثل هضبة شديدة الانحدار فإن طاقتها تنطلق على هيئة اصطدام ديناميكى شبيه باصطدام تيار من الماء تحت ضغط كبير يكون له قوة هدم كبيرة، أما إذا تقابلت موجة اهتزازية مع عائق رأسى فإن قمتها ترتفع تقريباً إلى ضعف الارتفاع العادى وفى هذه الحالة تنكسر الموجة وينطلق جزء كبير من طاقة الموجة أمام الحاجز على هيئة ضغط هيدروستاتيكى متساو وليس على صورة ضغط ديناميكى كما هو الحال فى الموجات الانتقالية ولا يكون لها قوة هدم كبيرة.

وتقاس شدة الأمواج على السواحل والمنشآت الشاطئية بواسطة جهاز يسمى دينامومتر الأمواج وتختلف شدة اصطدام الأمواج بالشواطئ باختلاف الظروف البيئية والجوية.

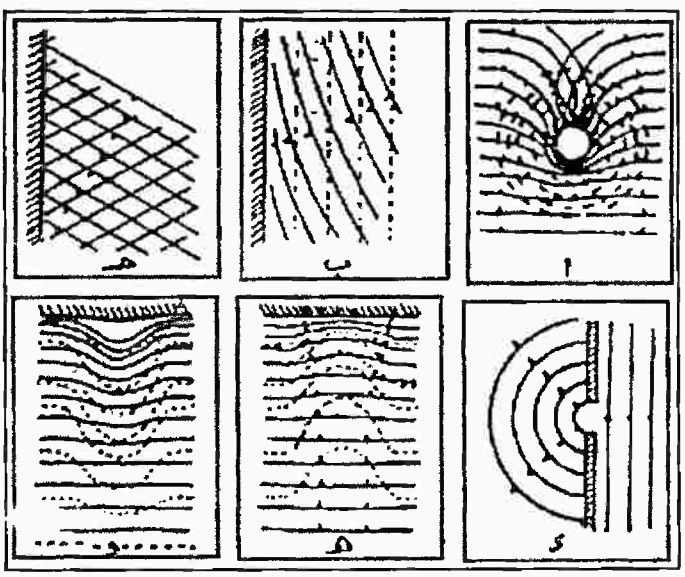
ويزداد الفتات الصخرى الذى تحمله الأمواج من مقدرتها كعامل من عوامل التفتيت والنحر والتعرية. ففى أثناء العواصف تصطدم المواد الصخرية الفتاتية بشدة أمام الحواجز والعوائق الشاطئية، أما المواد الفتاتية الناعمة فإنها تعمل عمل المواد المصنفرة وتقل قدرة الأمواج على التعرية عند تداخل بعضها مع بعض مثل تداخل الأمواج المتقدمة مع المرتدة أو المنعكسة ويجب على أية حال ألاّ تفترض أن الأمواج المدمرة هى دائماً من نوع الأمواج الانتقالية فعلى الرغم من أن التأثيرات الديناميكية للأمواج الاهتزازية على المنشآت الشاطئية تكاد تكون منعدمة إلا أن

تحولها إلى أمواج انتقالية نتيجة احتكاك السطوح وتصادم جزئيات الماء تؤدى إلى نشأة بعض القوى التدميرية، كما أن غالبا ما تكون الأمواج الشاطئية فى المياه الضحلة ذات طبيعة مركبة من موجات انتقالية واهتزازية.

تحديد مواضع تأثير الأمواج:

يختلف تأثير الأمواج على الشواطئ من مكان لآخر ومن منطقة لأخرى تبعاً لشكل الشاطئ وطبوغرافية القاع بالقرب من الشاطئ كذلك طبيعة وتركيب صخور الشاطئ وخواصها الطبيعية و ميكانيكية. ولقد اتضح من ملاحظة الأمواج أنها تتكسر عندما تقترب من منطقة الشاطئ فى ـ ع شبه موازٍ له حيث تنطلق طاقة الأمواج وتقل سرعتها تدريجيا على امتداد جهة الشاطئ عندما تقترب من منطقة المياه الضحلة وتتأرجح الموجة لتعكس فى اتجاه موازى للشاطئ.

وتؤثر طبوغرافية القاع بالمنطقة الشاطئية وبمنطقة ما بعد الشاطئ (شكل ١٢٥) على قدرة الأمواج كعامل من عوامل النحت والتفتيت، فكلما كانت المنطقة الضحلة أكثر اتساعاً كان تأثير الأمواج ضعيفاً، كما تؤدى كذلك الكميات الهائلة من الرواسب النهرية التى تكون عند مصباتها



شكل رقم (١٢٥): تأثير طبوغرافية منطقة الشاطئ على اتجاه الأمواج.

إلى إضعاف قدرة الأمواج على النحت والتفتيت ولهذا كان أول عمل لدراسة حماية الشواطئ هو الدراسة التفصيلية لقاع المنطقة الشاطئية وبين (شكل ١٢٦) تأثير طبوغرافية لقاع بالمنطقة

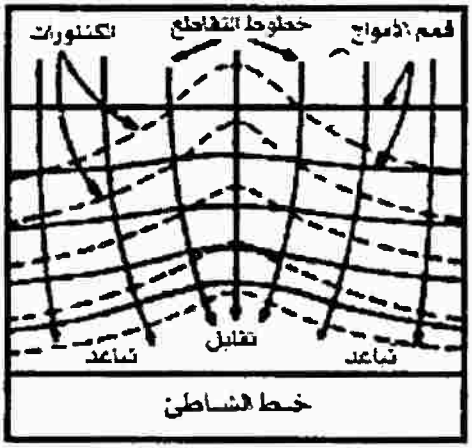
الشاطئية على تجميع أو تباعد الأمواج على خط الشاطئ وتصنف أمواج المنطقة الشاطئية تبعاً لشكل مقطع الموجة إلى أربعة أنواع رئيسية هى:

١- الأمواج المتدفقة والمسكبة Spilling Waves

٢- الأمواج الغاطسة Plunging Waves

٣- الأمواج المتداعية Collapsing Waves

٤- الأمواج العملاقة Surging Waves



شكل رقم (١٢٦): تأثير هضبة تحت سطح الماء على الأمواج.

عندما يتعرض الشاطئ لتأثير الأمواج فإن الصخور اللينة تتآكل بسرعة أكبر من الصخور الصلدة وبذلك يصبح الشاطئ متعرجاً. ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار عند تخطيط المنشآت البحرية مدى تعرض الشاطئ للرياح والأمواج والتيارات المائية السائدة بالمنطقة. وتعتبر المسافة التى تقطعها الرياح بالمناطق المكشوفة من البحر ذات أهمية خاصة لتحديد مدى القوة التدميرية للأمواج الناتجة حيث يتناسب ارتفاع الموجة (هـ) مع الجذر التربيعى للمسافة فى اتجاه الريح ناحية الشاطئ (د).

$$هـ = حـ \sqrt{د}$$

حيث هـ ارتفاع الموجة بالأقدام

د = المسافة أو عرض المياه المفتوحة بالأميال

حـ = معامل يتوقف على سرعة الرياح وهو يساوى ١,٥ فى حالة العواصف الشديدة والمسافات أو عرض المياه المتسعة (أكبر من ٣٩ ميلا).

بينما

$$هـ = \left(\frac{1}{2} - ١\right) + \left(\sqrt{د} \times ٠,١\right) + \left(\frac{1}{2} - ٢\right)\left(\sqrt{د}\right)^{٤}$$

فى حالة المسافات القصيرة (أقل من ٢٩ ميلا) والرياح المفاجئة.

وطبقاً للمعادلتين السابقتين فإن العلاقة بين ارتفاع الموجة الاهتزازية ومدى اتساع المياه وعرضها يتضح من الجدول (٣٧) .

جدول (٣٧)

عرض المياه المفتوحة بالأميال	ارتفاع الموجة بالأقدام
١	٣,٠
١٠	٥,٥
١٠	٧,١
٢٠	٨,٣
٤٠	٩,٤
٥٩	١٥,٥
١٠٠	١٥,٠
٣٠٠	٢١,٤
٤٠٠	٢٦,٠

التيارات المائية

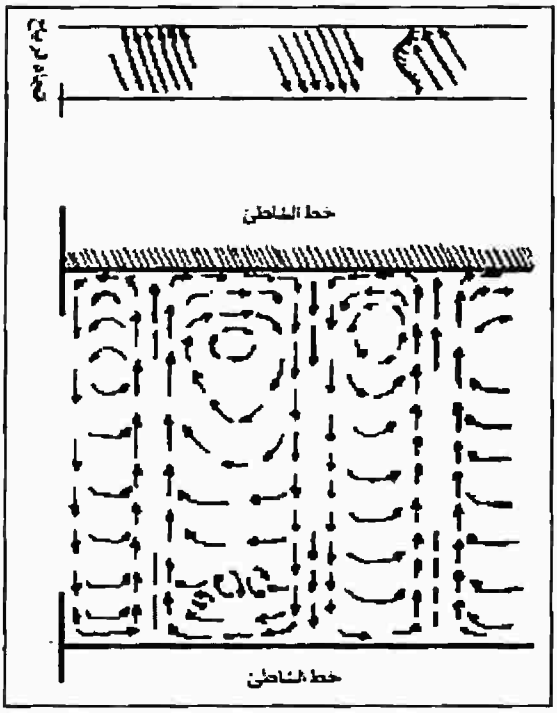
ليست الأمواج هى العامل الوحيد الذى يدل على حركة المياه بل تؤدى حركة التيارات المختلفة دورًا كبيرًا فى التأثير على شكل الشواطئ ويتوقف اتجاه هذه التيارات على التغيرات السطحية المصاحبة للرياح التى تؤثر على الطبقة المائية السطحية العليا الساخنة من المحيطات. وبين (شكل ١٢٧) التيارات المائية الدوارة وعلاقتها باتجاه الرياح السائدة.

وتؤثر هذه التيارات فى اتجاهات متعامدة أو موازية لخطوط الشواطئ وأهم هذه التيارات تأثيراً تلك التى تصطدم بميل مع الشاطئ وكلما كانت زاوية الميل كبيرة زادت شدة وسرعة التيارات الناتجة وبالتالى قدرتها على التفتيت والنحر.

وهناك أنواع عديدة من التيارات المائية نذكر منها ما يأتى.

١- التيارات الناتجة عن اختلاف كثافة الماء.

٢- التيارات الناتجة عن اختلاف درجة الملوحة.



شكل رقم (١٢٧): العلاقة بين اتجاه الرياح والتيارات.

٣- تيارات الأنهار.

٤- تيارات المد والجزر.

٥- تيارات الأمواج (التيارات الشاطئية).

٦- تيارات الماء تحت السطحية (تيارات السحب).

٧- تيارات الحمل .

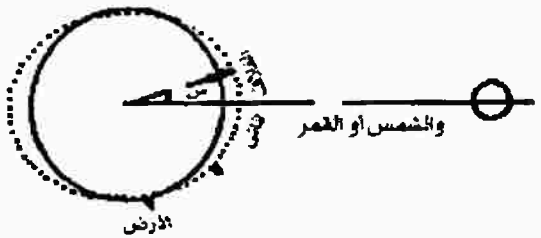
وتؤثر هذه التيارات بدرجات مختلفة على شكل المنطقة الشاطئية كذلك تتفاوت قدراتها على التفتيت والنحر وقد وجد بالدراسة أن أهم هذه التيارات المائية من الوجهة الهندسية تيارات المد والجزر وتيارات الأمواج أو الشاطئية وتيارات الماء تحت السطحية.

تيارات المد والجزر:

المد والجزر هو الارتفاع والانخفاض فى منسوب سطح البحر وما يصاحبه من تيارات تبدو واضحة قوية فى بعض الأماكن وضعيفة فى أماكن أخرى وتنتج حركة المد والجزر نتيجة جذب الشمس والقمر لمياه المحيطات والمسطحات المائية التى تغطى قرابة ثلاثة أرباع سطح الأرض

وتنشأ قوى الجذب نتيجة دوران الأرض والشمس حول محورهما وللتغير الزوالى للشمس والقمر خلال مساراتها بيضاوية الشكل.

وقد أمكن حساب القوى المسببة للمد والجزر بفرض أن شكل الأرض كروى منتظم مغطى بغلالة رقيقة من المحيطات واقع تحت قوة جذب الأرض للشمس أو قوة جذب الأرض للقمر (شكل ١٢٨) والتى يمكن حسابها من المعادلة:



شكل رقم (١٢٨): تيارات المد والجزر.

$$ق = \frac{٣}{٢} حـ \left(\frac{ك}{ك_ص}\right)\left(\frac{نق}{ل}\right)^{٣} جا٢ س$$

حيث ق = قوة الجذب

ك = كتلة الجسم المسبب للمد (الشمس أو القمر)

$ك_ص$ = كتلة الأرض

نق = نصف قطر الأرض

ل = المسافة بين مركز الأرض ومركز الجسم المسبب للمد

س = الزاوية التى تصنعها نقطة سطح الأرض التى يقاس شدة الجذب عندها مع الخط الواصل بين مركزى الأرض والجسم المسبب للجذب ويفرض أن سطح المحيط يتعامد مع القوة المؤثرة فإن ارتفاع التشوه الناتج (المد) يكون مساويًا (هـ) حيث:

$$هـ = \left(\frac{نق\ ك}{٤\ ك\ ض}\right)\left(\frac{نق}{ل}\right)^{٣} (٣\ جتا\ س + ١)$$

وهى معادلة جسم كروى ذو استطالة، محوره الأكبر فى اتجاه الجسم المسبب للجذب وبحساب مقدار ارتفاع المد الناتج عن القمر بالتعويض فى المعادلة السابقة عن كتلة القمر والمسافة بين القمر والأرض كذلك ل كتلة الأرض.

نجد هـ = ٣٥,٧٥ سم للزاوية س = صفر أو ١٨٠°

نجد هـ = ١٧,٨٦ سم للزاوية س = ٩٠°

أى إن ارتفاع المد والجز المحسوب نظريًا لا يتعدى $\frac{1}{2}$ متر غير أن ارتفاع تيارات المد والجذر قد يصل إلى ارتفاعات غير عادية تتعدى عشرات الأمتار وذلك بسبب انعكاس حركة المياه الصاعدة والهابطة نتيجة تعاريج الشاطئ ويمتد تأثيره لأعماق قد تصل إلى ٣٠٠ متر. وقد يتحول المد والجزر فى الشواطئ غير المنتظمة إلى تيارات تكتسب على النطاق المحلى سرعات تتفاوت بين ١٦ إلى ٢٠ كيلومترا ساعة وبذلك تصبح عوامل نشطة للتآكل والترسيب.

تيارات الأمواج أو التيارات الشاطئية:

وهى التيارات التى تكون موازية للشاطئ وهى من العوامل الهامة للنقل والترسيب. وتنشأ من اصطدام الأمواج بميل مع الشاطئ فإذا تعدت زاوية ميل الموجة مع خط الشاطئ عشرة درجات فإنه تنشأ تيارات تبلغ سرعتها ١٠ كيلومتر/ ساعة ويساعد انكسار الأمواج على تقليل زاوية ميل الموجة وبذلك تقل سرعتها ويضعف تأثيرها. وتوجد التيارات الشاطئية بصفة خاصة ، اطئ العريضة الضحلة مما يعوق عودة كتلة الداخلة مع الأمواج إلى البحر حيث يتحرك ء الزائد بموازاة الشاطئ.

تيارات تحت السطح (تيارات السحب)

عندما تغزو الأمواج الانتقالية سواحل البحار يندفع الماء الزائد فى اتجاه الأرض الذى يبحث عن منفذ له متجها إلى القاع فتنشأ تيارات تحت سطح الماء خاصة فى الشواطئ متوسطة الانحدار حيث تكتسب التيارات تحت السطحية سرعات كافية لتحريك الحبيبات الدقيقة من الرواسب الشاطئية.

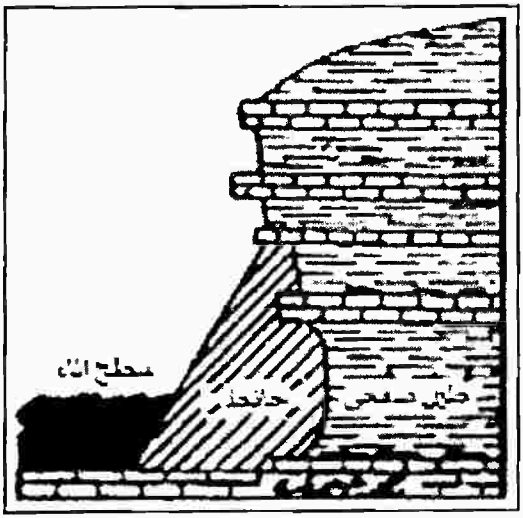
ظواهر التآكل للشواطئ

تتحدد أشكال تآكل الشواطئ أساساً بفعل الأمواج أما التيارات فإنها تساعد على توزيع نواتج التفتيت والتعرية بالأمواج. وأكثر الأشكال التركيبية شيوعاً بمناطق الشواطئ هى الهضاب شديدة الانحدار والمدرجات البحرية.

حيث تقف الهضاب اللينة المتماسكة والتى يصل ارتفاعها إلى أقل من المتر ارتفاعًا بجانب الهضاب الصلبة التى يصل ارتفاعها لأكثر من ٩٠ متراً فى مواجهة المياه. كذلك يعتمد شكل التآكل على تتابع الطبقى لقطاع الصخور بمنطقة الشاطئ (شكل ١٢٩) حيث يلاحظ سرعة تآكل طبقات الطين الصفحى اللينة بالمقارنة مع طبقات الحجر الجيرى الصلبة.

ومن ضمن الظواهر الأقل أهمية لتآكل الشواطئ الفجوات والكهوف والأقواس البحرية والجزر الصخرية الصغيرة.

ويهتم المهندس بصفة خاصة بالمنطقة المحصورة بين مستوى المياه المنخفضة وتلك التى تغطيها المياه العالية وهى تلك المنطقة التى تؤثر عليها الأمواج بتفكيك الصخور وتفتيتها، كما أنها المنطقة التى تتميز لدرجة كبيرة بنقل المواد الشاطئية.



شكل رقم (١٢٩): حماية الشواطئ من التآكل بإنشاء حائط مائل من الخرسانة المسلحة.

طرق حماية الشواطئ

تنقسم الأعمال الهندسية لحماية الشواطئ إلى نوعين رئيسيين هما:

أعمال تهدف إلى خلق وتحسين ووقاية صخور الشاطئ.

إجراءات تهدف إلى إنشاء الممرات المائية وملحقاتها مع تحسينها والمحافظة عليها وسنذكر فيما يلى نبذة مختصرة عن بعض الأعمال الهندسية لحماية شواطئ البحار والتى تشمل الحوائط البحرية (Sea Walls) والرءوس الحاجزة (Bulkheads) والتكسيات أو محطة الأمواج (Revetment) والأرصفة والردم الصناعى (Artificial fill)

الحوائط البحرية:

عبارة عن منشآت كتلية تشبه الحوائط الساندة تهدف لحماية المناطق والكتل الصخرية التى تقع مباشرة خلفها من فعل الأمواج العاتية والتيارات العنيفة وهذا النوع من الحوائط باهظ

التكاليف كما أن الأجزاء السفلية من الحائط تكون معرضة للتآكل ويجب أن تكون الحوائط البحرية ممتدة إلى الخلف فوق المستوى العلوى للماء للتقليل من التآكل والتقليل من عزم الانقلاب مع مراعاة عدم وجود انحرافات حادة حيث إن الزوايا الحادة والمتداخلة تساعد على تركيز التأثير المدمر للأمواج والتيارات وتكون أوجه الحوائط البحرية رأسية وفى بعض المواقع يفضل استخدام حوائط ذات أوجه مقعرة للإقلال من تأثير الأمواج.

الرءوس الحاجزة:

تقوم أيضاً بنفس الأغراض للحوائط البحرية ولكنها تمتاز بأنها منشأة خفيفة نسبياً وتنشأ الرءوس الحاجزة عادة بعمل تركيبات من ألواح الصلب أو الخشب الثقيل وتستخدم عندما يكون فعل الأمواج ضعيفاً نسبياً.

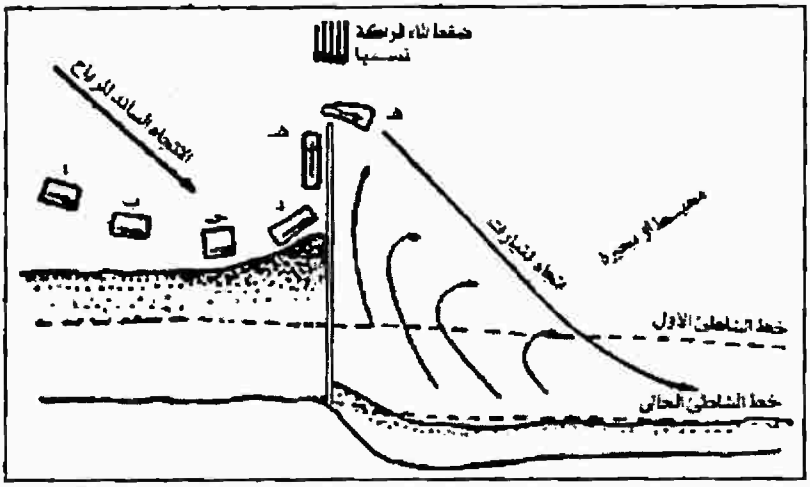
التكسيات: أو محطمة الأمواج فإن معظمها يتكون من الأحجار عالية المقاومة للنحر والتآكل التى توضع بنظام معين أمام التلال المنخفضة عند الشاطئ لوقايته ويجب أن تكون الكتل الصخرية كبيرة الحجم حتى لا يسهل إزاحتها عند تصادم الأمواج بها.

ولا تحمى الحوائط البحرية والرءوس والتكسيات الأجزاء الأمامية من الشاطئ كذلك فإنها تتسبب فى نحر الشاطئ نتيجة لحصر تقدم الأمواج وزيادة المواد المنقولة من الشاطئ وعند تصميم الحوائط البحرية والرءوس الحاجزة يجب أن يكون هناك عمق كاف لأساساتها كعامل للأمان ضد عوامل التآكل عند أسفل هذه المنشآت. وفى كل عام تتحطم عدة أميال من الرءوس الحاجزة والتكسيات أمام فعل الأمواج وتتكلف إعادة بنائها وصيانتها مصاريف باهظة ولكنه قد أمكن التغلب على هذه الصعوبات بإنشاء أرصفة (Groynes) تشبه تلك التى توجد بمداخل الموانئ مما يساعد على الإقلال من تآكل التكسيات والحوائط البحرية والرءوس الحاجزة.

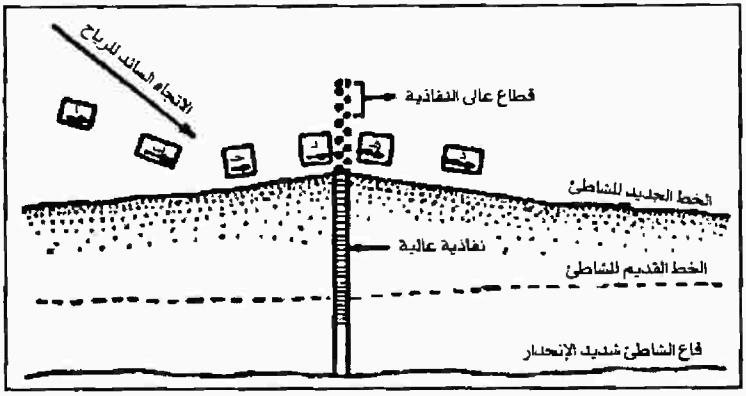
الأرصفة: عبارة عن حوائط تقام عمودية على الاتجاه العام لخط الشاطئ ووظيفتها الإقلال من المواد الشاطئية المنقولة وبالتالى تساعد على الترسيب ويستعمل فى بناء الأرصفة ألواح من الصلب أو كتل خرسانية أو الحجارة وتبنى بحيث يكون ارتفاعها بين الحد الأعلى للمد والحد الأدنى للجزر. وتتوقف المسافات الفاصلة بين الأرصفة على كمية المواد المتحركة بطول الشاطئ. وكلما زادت كمية الرواسب الشاطئية المتحركة زادت المسافة بين الأرصفة اتساعاً وتتفاوت النسبة بين طول الرصيف والمسافة بين الأرصفة من ١ : ١ إلى ١ : ٣.

ويجب أن تسمح الأرصفة بمرور بعض المواد المنقولة تجاه الشاطئ إذا كانت حركة الرواسب الشاطئية فى اتجاه واحد وذلك لأنه إذا توقف الترسيب فإنه يحتمل تآكل الشاطئ بعوامل النحر كما حدث فى شواطئ مصر الشمالية بعد إنشاء السد العالى. ولقد اقترحت كثير من

التصميمات الهندسية ومن ضمنها الأرصفة ذات النفاذية المتزايدة بالمقارنة بالأرصفة الصماء للإقلال من تآكل ونحر صخور الشاطئ. وبين شكل (١٣٠، ١٣١) الفرق بين الأرصفة المنفذة والأرصفة الصماء. ويعيب طريقة الأرصفة أنها تقيد استخدام الشاطئ للأغراض المختلفة كما أنها قد تكسب الشاطئ منظراً غير مرغوب فيه.



شكل رقم (١٣٠): رسم تخطيطي يوضح تأثير التيارات الشاطئية بجوار رصيف (ميناء) ذات نفاذية متزايدة.



شكل رقم (١٣١): رسم تخطيطي يوضح تأثير التيارات الشاطئية بجوار رصيف (ميناء) غير نفاذ.

الردم الصناعى: تحول بعض السواحل على نطاق ضيق إلى شواطئ صناعية وذلك بتغطيتها بطبقة من الرمال أو الحصى والتى يمكن وقايتها من النقل والحركة بواسطة الأرصفة وإذا كانت عوامل النحر والتآكل بطيئة فإن تجديد طبقة رمال الشاطئ قد يكون أجدى وأقل تكلفة من طرق حماية الشواطئ الأخرى.

كذلك توجد بعض الوسائل الأخرى لحماية القنوات والممرات المائية الصناعية والموانئ وذلك بتطهيرها من الرواسب التى تتراكم فى قاعها باستخدام الكراكات المائية أو بوسائل خاصة تعمل على انحراف التيارات المائية التى ترسب المواد الفتاتية بالقاع.

الفصل الثانى عشر: شواطئ البحار

1. Brown,E.L., Beach Erosion Studies : Transaction American Society of Givil Engineers, v.6, p. 869 –919 , (1940).

2.Gailllard,DD.,Wave Action : Army Engineer School, Belvoir, (1935).

3. Gailcher, A., Goastal and Submarine Morphology : Paris (1958).

4. Johnson, D.,Shorelines and Shoreline Process: Wiley, New York, (1919)

5. King, CA, Beaches and Coasts: London, (1959).

6. Krumbein, W.C., Geological Aspects of Beach Engin. Eering : Geolgical Society of America, Berkley Volume, (1950).

7. Neuman, C., Ocean Currents: Elsevier, Amsterdam, (1968).

8. Taicker, R.A, Breakers, Waves and Wakes: Elsebior, Amsterdam, (1965).