العوامل المؤثرة على نمو الأمواج البحرية

إعداد:

محمد إسماعيل محمد

مدير إدارة التنبؤات البحرية

الإدارة العامة للتحاليل

العوامل التى تؤثر على نمو الأمواج البحرية

١. سرعان الرياح Wind Speed (V)

٢. المسار البحرى للرياح Fetch (F)
وهى المسافة التى تقطعها الرياح فوق سطح البحر من مصدرها حتى وصولها إلى النقطة المراد حساب ارتفاع الموج عندها.

٣. زمن هبوب الرياح
Duration of the wind
وهو الزمن الذى تستغرقه الرياح للهبوب فوق سطح البحر من مصدرها حتى وصلوها إلى النقطة المراد حساب ارتفاع الموج عندها.

٤. عمق البحر Water Depth (d)
(ومن المعروف أنه كلما كان المسار البحرى للرياح كبير وزمن هبوب الرياح كبير كلما كان ارتفاع الموج كبير).

الأمواج البحرية فى المياه العميقة Deep Waves والمياه الضحلة Shallow Waves

يمكن التمييز بين أمواج المياه الضحلة وأمواج المياه العميقة على النحو التالى:

● تعتبر الأمواج البحرية أمواج مياه ضحلة إذا كانت النسبة بين عمق الماءd وطول الموجة L أقل من ١/٢٥ أى أن d/L أقل من 1/25.

● تعتبر الأمواج البحرية أمواج مياه عميقة إذا كانت النسبة بين عمق الماء d وطول الموجة L أكبر من ٢/١ أى أن d/L أكبر من 1/2.

وتتحرك الأمواج البحرية بسرعة C فى المياه العميقة ويمكن حساب سرعة أمواج المياه العميقة بالمعادلة التالية:

$$C = \sqrt{g(L/2\prod)\tanh 2\prod(d/L)}$$

حيث أن g هى عجلة الجاذبية الأرضية، L طول الموجة، d عمق الماء بينما tanh2II هى الظل الزائدى للزاوية 2II ويعتبر الماء عميقا إذا كان عمقه d يزيد عن ١/٢ طول الموجه السطحية L أى أن d/L أكبر من ١/٢ ـ إذا كان d/L = ١/٢ فإن.

$$C = \sqrt{g(L/2\prod)\tanh\prod}$$

وحيث أن : TanhI=99 لذلك فإنه فى حالة d/L أكبر من ١/٢ فإن:

$$C = \sqrt{g(L/2\prod)}$$

$$C = \sqrt{9.8(L/6.28)}$$

$$C = \sqrt{1.56L}$$

$$C^2 = 1.56\,L$$

وحيث أن L = C X T
فيمكن استنتاج أن

$$C^2 = 1.56(CXT)$$

وبذلك يمكن حساب سرعة الأمواج السطحية فى المياه العميقة بالعلاقة التالية:

$$C = 1.56\,T$$

حيث أن C هى سرعة الأمواج السطحية فى المياه العميقة (مقاسه بالمتر/ثانية)، T هى فترة الأمواج البحرية (مقاسة بالثانية) وحيث أن L=CXT فيمكن استنتاج أن

$$L/T = 1.56\,T$$

وبذلك يمكن حساب طول الموجة السطحية فى المياه العميقة بالعلاقة التالية:

$$L = 1.56\,T^2$$

حيث أن L هى طول الموجة البحرية (مقاس بالمتر)، T هى فترة الأمواج البحرية (مقاسة بالثانية).

شكل (١)
تكسر الأمواج

نمو واضمحلال الأمواج البحرية الناتجة عن الرياح

يمكن تلخيص نمو واضمحلال الأمواج الناتجة عن الرياح على الوجه التالى:

- عندما تهب الرياح فوق سطح البحار والمحيطات تنتقل طاقة الحركة من الرياح إلى البحار والمحيطات ويستهلك جزء صغير من هذه الطاقة فى تكوين التيارات البحرية بينما يستخدم الجزء الأكبر من طاقة الرياح فى تكوين الأمواج البحرية.
- عندما يكون البحر ساكنا والرياح على وشك ان تشتد فإن أول شئ يتكون هو الأمواج الحلزونية.
- عندما تبدأ سرعة الرياح فى النشاط حتى تصل إلى ١٣ عقدة يبدأ ارتفاع طول الموجة البحرية فى الزيادة وتبدأ قمم الأمواج البيضاء فى الظهور.
- باستمرار الرياح فى النشاط وزيادة سرعتها فإن ارتفاع الموجة البحرية يزيد ويصبح أكبر ما يمكن.
- عندما تستمر الرياح فى الهبوب تبدأ الموجة البحرية فى التكسر وتبدأ قممها البيضاء فى الهبوب على شكل موجات أطول وفى هذه الحالة تتساوى الطاقة المفقودة بواسطة الأمواج مع الطاقة المكتسبة من الرياح.
- عندما تكون الطاقة المكتسبة من الرياح أقل من الطاقة المفقودة بواسطة الأمواج فان ارتفاع الموجة البحرية يقل وتبدأ الأمواج البحرية فى الاضمحلال والتلاشى.

ومن المعروف أن اتجاه الأمواج البحرية يتم تحديده بواسطة اتجاه الرياح وبصفة عامة يكون اتجاه الأمواج البحرية مماثل لخطوط الايسوبارات.

تكسر الأمواج Breaking Waves

عندما تصل الأمواج البحرية إلى منطقة يقل فيها عمق الماء فى اتجاه الشاطئ فإن الأمواج البحرية تتحول من أمواج مياه عميقة إلى أمواج مياه ضحلة وينتج عن ذلك أن ارتفاع الموجة يزداد وسرعة الموجة يقل. وكلما اقتربت الأمواج البحرية من مناطق ذات عمق أقل يصبح ارتفاعها أكبر ما يمكن ويقل استقرارها وتبدأ الأمواج البحرية فى التكسر Breaks مكونة ما يعرف بمنطقة السيرف Surf (شكل ١).

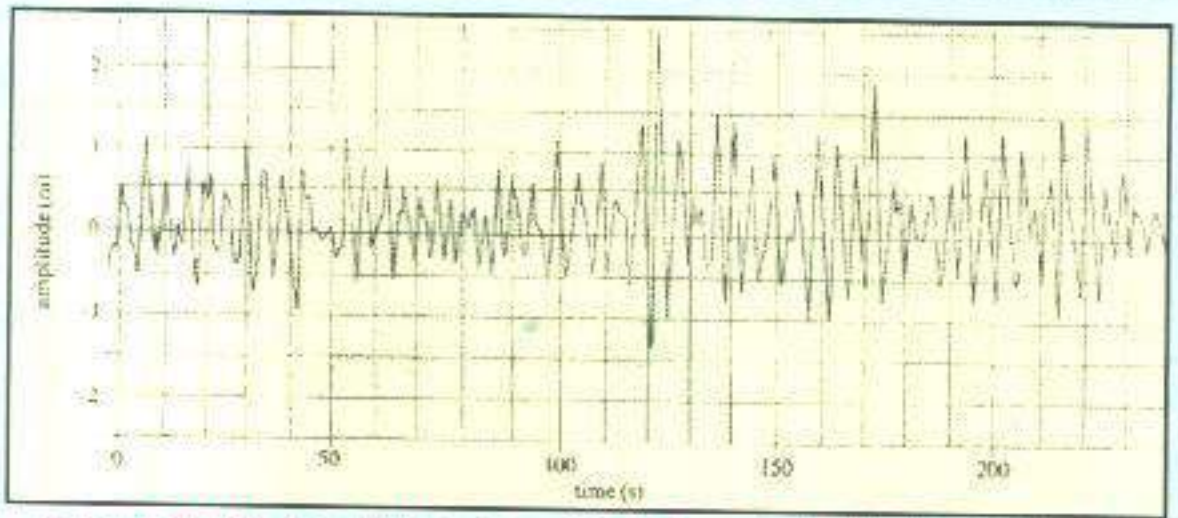
انكسار الأمواج Waves Refraction

من المعروف ان سرعة الأمواج البحرية فى المياه العميقة تختلف عن سرعتها فى المياه الضحلة وكلما اقتربت الأمواج البحرية من الشاطئ تبدأ الأمواج فى الانكسار وباقترابها أكثر من الشاطئ فإن الأمواج تنحرف وتكون قممها فى النهاية موازية لخط الساحل.

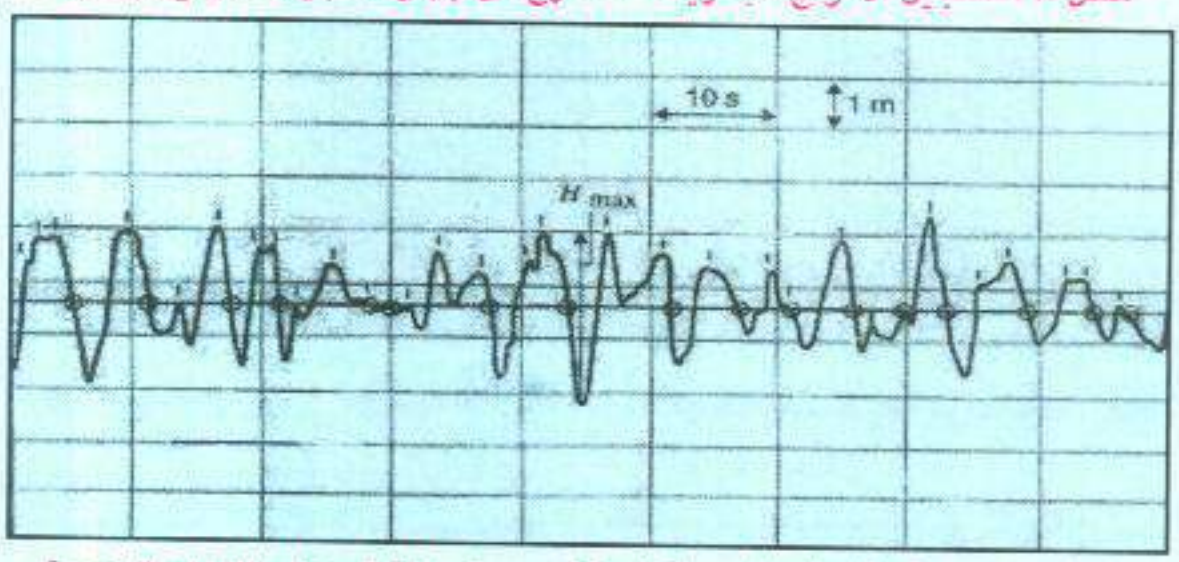
قياس الأمواج البحرية Wave Measurement

يتم قياس الأمواج البحرية بواسطة جهاز يعرف بمسجل

الأمواج البحرية Wave Recorder وشكل (٢) وشكل (٣) يوضحان تسجيل الأمواج البحرية المستخرج من جهاز تسجيل الأمواج البحرية، حيث يمثل المحور الافقى الزمن بالثانية ويمثل المحور الرأسى ارتفاع الموجة البحرية بالمتر ويلاحظ فى شكل (٣) أن الشُرط الصغيرة تمثل قمم الأمواج بينما الدوائر الصغيرة تمثل نقط الصفر فى التسجيل. وبدراسة هذا التسجيل يتبين ان ارتفاع الأمواج البحرية يتعرض لتغيرات كثيرة وغير منتظمة وعند معرفة ارتفاع الأمواج من هذا التسجيل يتم ايجاد ما يُعرف بالارتفاع المعنوى للأمواج البحرية Significant Wave Heigh (H1/3) ويعرف الارتفاع المعنوى للأمواج البحرية (H1/3) بأنه متوسط ارتفاع الثلث الأعلى من الأمواج البحرية فى التسجيل.



شكل «٢» تسجيل الأمواج البحرية المستخرج من جهاز تسجيل الأمواج البحرية



شكل «٣» تسجيل الأمواج البحرية المستخرج من جهاز تسجيل الأمواج البحرية

العلاقة بين ارتفاع الأمواج البحرية وسرعة الرياح

نتيجة الدراسات والبحوث التى تمت لإيجاد العلاقة بين ارتفاع الأمواج البحرية وسرعة الرياح وجد العديد من العلاقات الرياضية ومنها على سبيل المثال وليس الحصر وهى:

(1) $H_{1/3}=0.02\ V^2$

(2) $H_{1/3}=0.0133\ V^2$

(3) $H_{1/3}=0.0233\ V^2$

(4) $H_{1/3}=4.4264 \times 10^{-3}\ (V_{7,5})^{2,5}$

(5) $H_{1/3}=0.0182\ (V_{19,5})^2$

حيث أن $H_{1/3}$ هى ارتفاع الموجة بالقدم، V هى سرعة الرياح بالعقدة عند ارتفاع ١٠ أمتار، $V_{7,5}$ هى سرعة الرياح بالعقدة عند ارتفاع ٧,٥ متر بينما $V_{19,5}$ سرعة الرياح بالعقدة عند ارتفاع ١٩,٥ متر.

(6) $H_{1/3}=2,14 \times 10^{-2}(U_{19,5})^2$

حيث أن $H_{1/3}$ هى ارتفاع الموج بالمتر بينما $U_{19,5}$ سرعة الرياح بالمتر/ثانية عند ارتفاع ١٩,٥ متر.

التنبؤ بارتفاع الأمواج البحرية Wave forecasting

التنبؤ بارتفاع الأمواج البحرية يحتاج لدقة كبيرة ويتم التنبؤ بارتفاع الأمواج البحرية بطرق عديدة ومختلفة بعضها بسيط يستخدم العلاقات الرياضية بين سرعة الرياح وارتفاع الأمواج والبعض الآخر يتم إدخال عوامل أخرى بالإضافة لسرعة الرياح مثل المسار البحرى للرياح (الفتش fetch) وفترة هبوب الرياح wind duration والفرق بين درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة الماء sea temperature difference - air وهناك نماذج عددية للتنبؤ بارتفاع الأمواج البحرية Numerical wave modeling تحتاج لكثير من العوامل الجومائية ويتم استخدامها بواسطة الحاسب الآلى ويمكن الرجوع لكتاب Guide to wave analysis and forecasting الذى أصدرته المنظمة العالمية للأرصاد الجوية فى عام ١٩٩٨ تحت رقم ٧٠٢ (NO.702-WMO) لدراسة النموذج العددى الذى تضمنه هذا الكتاب.. ويتم أيضا التنبؤ

بارتفاع الأمواج البحرية باستخدام منحنيات خاصة وهناك الكثير من هذه المنحنيات التى تعتمد معظمها على سرعة الرياح ـ فترة هبوب الرياح ـ المسار البحرى للرياح ـ خط عرض النقطة المراد حساب ارتفاع الأمواج عندها وغيرها من العوامل.. ويوجد طرق كثيرة تعتمد على هذه المنحنيات منها الطريقة بكتاب المنظمة العالمية للأرصاد الجوية المشار إليه بعاليه والطريقة التى تستخدم بواسطة البحرية الأمريكية والطريقة التى تستخدم بواسطة الأدميرالية البريطانية وغيرها من الطرق ومنها الطريقة الألمانية والتى تستخدم المنحنيات والتى وضعها العالم الألمانى فالدن.

التنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية باستخدام منحنيات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

يوضح المنحنيات التى تضمنها كتاب Guide to wave analysis and forecasting الذى أصدرته المنظمة العالمية للأرصاد الجوية فى عام ١٩٩٨ تحت رقم ٧٠٢ (No. 702 WMO)

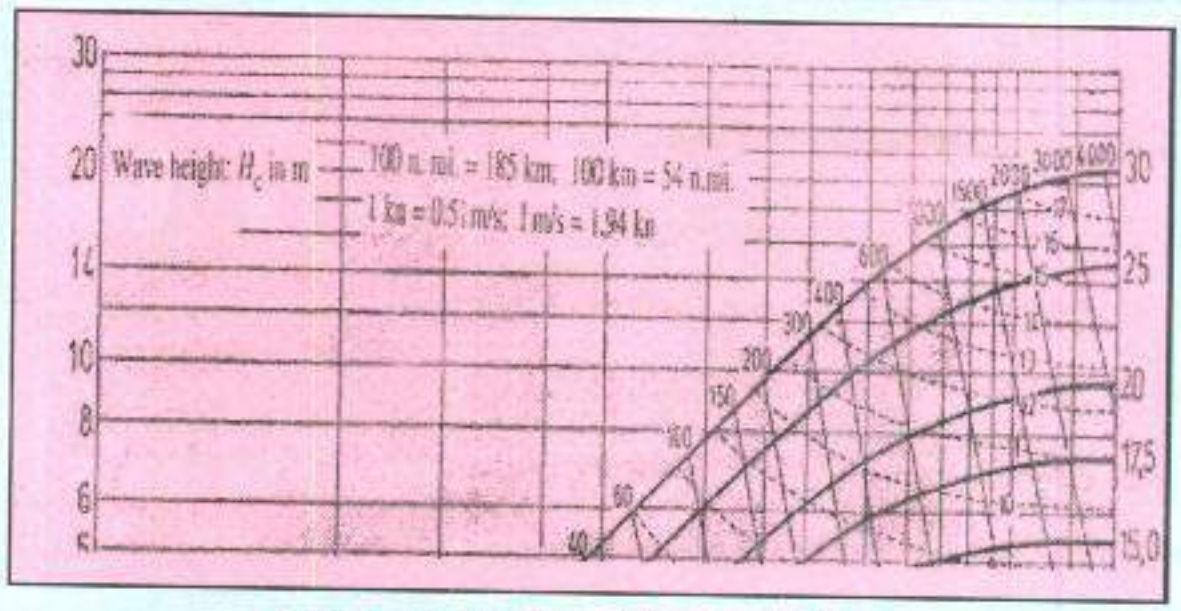
وهذه المنحنيات تشمل ما يأتى:

- منحنى يمثل المسار البحرى للرياح بالكيلو متر

Fetch X in (Km)

- منحنى يمثل فترة الموجة البحرية بالثانية

Wave period tc (s)



شكل ٤ التنبؤ بارتفاع وفترة الأمواج البحرية
باستخدام منحنيات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

- منحنى يمثل سرعة الرياح بالمتر/ثانية

Wind speed u in (m/s)

- الخطوط الرأسية تمثل فترة هبوب الرياح بالساعة

Wind duration in hours

- الخطوط الأفقية تمثل ارتفاع الموج المعنوى بالمتر

Significant wave height Hc in (m) ($H_{1/3}$)

وباستخدام المنحنيات الموضحة بشكل (٤) للتنبؤ بارتفاع الأمواج البحرية يتم ما يأتى:

١ ـ معرفة سرعة الرياح السطحية والمسار البحرى للرياح عند النقطة المراد تقدير ارتفاع الأمواج البحرية عندها.

٢ ـ يحسب فترة هبوب الرياح.

٣ ـ بواسطة سرعة الرياح والمسار البحرى يوجد نقطة تقاطعهما مع خط ارتفاع الأمواج فيتم معرفة ارتفاع الأمواج.. ويوجد نقطة تقاطعهما مع خط فترة الأمواج فيتم معرفة فترة الأمواج.

٤ ـ بواسطة سرعة الرياح وفترة هبوب الرياح يوجد نقطة تقاطعهما مع خط ارتفاع الأمواج فيتم معرفة ارتفاع الأمواج.. ويوجد نقطة تقاطعهما مع خط فترة الأمواج فيتم معرفة فترة الأمواج.

٥ ـ يتم مقارنة ارتفاع الأمواج البحرية وفترة الأمواج البحرية التى تم حسابهم فى الخطوة ٣ والخطوة ٤ السابقتين ويتم اختيار أكبر قيمة منهما لارتفاع الأمواج البحرية H وكذلك أكبر قيمة منهما لفترة الأمواج البحرية T.

المراجع

(١) شبكة المعلومات (النت).
(٢) كتاب الأرصاد الجوية
للأستاذ الدكتور/
عبدالعزيز عبدالباعث حامد