

MATEMATİK SPEKTRUM MODELLERİ

Spektrum, dalga enerjisinin çeşitli frekanslarda ki bireysel (tekil) dalgalar üzerindeki dağılımını ifade eden bir fonksiyondur.

Genel olarak, matematik spektrum modelleri bir veya daha fazla parametreye bağlı olarak tanımlanırlar; örnek olarak belirgin **dalga yüksekliği**, **dalga periyodu**, **şekil faktörü** gibi. Tek parametrelili spektrum modeli olarak bilinen **Pierson-Moskowitz** (1964) modelinde **belirgin dalga yüksekliği** veya **rüzgar hızı** temel alınmıştır. **Bretschneider** (1969), **Scott** (1965), **ISSC** (1964) ve **ITTC (1966)** olarak tanımlanan iki parametrelili spektrum modelleridir. **JONSWAP** (Hasselmann 1973, 1976) beş parametrelili bir spektrumdur, fakat bunlardan üçü sabit olarak elde edilmektedir. Daha karmaşık spektrum modeli **Ochi ve Hubble** (1976) tarafından tanımlanmış, altı parametrelili bir spektrumdur.

Enerji spektrumlarının tahmin modelleri çoğunlukla dalga frekansının (ω) kuvveti olan bir terimle verilir. En çok kullanılan spektrum modellerinin bir kaçı aşağıda verilmiştir.

1. Phillips' Spektrum Modeli

Phillip's (1958) modeli, **tam gelişmiş deniz koşullarında** geliştirilmiştir. Bu bağıntı enerji spektrumunun üst sınırında tanımlandı ve rüzgar hızı veya feçten bağımsız bir modeldir. Pratik olmamakla birlikte diğer modellere temel oluşturmuştur.

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \quad S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5}$$

Burada α , Phillip's sabiti ve g yerçekim ivmesidir.

2. Genel Form

Matematik spektrumun genel bir ifadesi bir çok matematik modelin tanımlanmasında kullanılabilir.

$$S(\omega) = B\omega^{-p} \exp(-C\omega^{-q})$$

$S(\omega)$; enerji yoğunluk spektrumunun ordinatı [$L^2 \cdot T$] ve B, C, p, q ; spektrumun dört parametresi olup, bu ifade dört parametrelili spektrum olarak adlandırılabilir. Spektrum tanımlarında çok bilinen iki dalga parametresi kullanılır.

H_s , belirgin dalga yüksekliği ve \bar{T} , ortalama dalga periyodu ki bunlar spektrumun momentleriyle tanımlanabilir.

Spektrumun n . momentinin tanımı,

$$m_n = \int_0^{\infty} \omega^n S(\omega) d\omega = \int_0^{\infty} f^n S(f) df \quad m_n = \int_0^{\infty} \omega^n S(\omega) d\omega = \int_0^{\infty} f^n S(f) df$$

H_s , ve \bar{T} değerleri aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$H_s = 4\sqrt{m_0}$$

$$\bar{\omega} = m_1 / m_0$$

$$\bar{T} = \frac{2\pi}{\bar{\omega}}$$

Spektral pikin frekansı [Goda (1979)]

$$\omega_0 = \left(\frac{Cq}{p}\right)^{1/q} \quad \omega_0 = \left(\frac{Cq}{p}\right)^{1/q}$$

ve sıfıncı moment için [Mitsuyasu 1972]]

$$m_0 = \frac{B\Gamma[(p-1)/q]}{qC(p-1)/q}$$

Hoffmann ve Walden (1977) H_s ve $\bar{\omega}$ için yukarıdaki ifadelerin spektrum momentlerini hesaplayarak elde ettiler. B ve C terimlerini yok ederek yukarıdaki spektrum ifadesinin genel şekli türetilmektedir.

$$S(\omega) = \frac{q}{16\Gamma[(p-1)/q]} \phi p^{-1} (H_s)^2 \frac{\bar{\omega}^{p-1}}{\omega p} \exp\left[(\omega/\bar{\omega})^{-q}\right]$$
$$\phi = \frac{\Gamma[(p-1)/q]}{\Gamma[(p-2)/q]}$$

Γ , gamma fonksiyonudur. Bu spektrum formu kullanılarak çeşitli matematik spektrum modelleri elde edilebilmektedir.

3. Neuman Spektrum Modeli

İlk analitik spektrum modeli olup mühendislik maksadıyla kullanılmıştır. Neumann spektrumu (1953) Neumann tarafından geliştirilmiştir.

$$S(\omega) = B\omega^{-6} \exp(-2g^2 / (\omega U_\omega)^2)$$

B, boyutlu bir sabit.

Neumann spektrumunun pik frekansı;

$$\omega = \omega_0 \text{ için } \frac{dS(\omega)}{d\omega} = 0$$

ω_0 frekansında $S(\omega)$ maksimumdur. Rüzgar hızıyla ilişkili olarak;

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{g}{U_\omega}$$

$$S(\omega) = B\omega^{-6} \exp \left[-3 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-2} \right]$$

$$m_0 = \frac{3\sqrt{\pi}}{\sqrt{2}} B \left(\frac{U_\omega}{g} \right)^5$$

$$H_s = 4\sqrt{m_0}$$

denklemleri dikkate alınarak, şu denklem elde edilebilir.

$$H_s^2 = \frac{2\sqrt{\pi}}{2\sqrt{2}} B \left(\frac{U_\omega}{g} \right)^5$$

U_ω / g , yok edildikten sonra, B değeri değiştirilirse, Neumann spektrum modeli H_s ve ω_0 terimlerine göre yeniden yazılabilir.

$$S(\omega) = 1.466 H_s^2 \frac{\omega_0^5}{\omega^6} \exp \left[-3 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-2} \right]$$

H_s , ω_0 ve U_ω rüzgar hızı terimleriyle verilebilir.

Spektrum modelinin genel şekli esas alınarak $p=6$ ve $q=2$ alarak, Neumann spektrumu

H_s ve $\bar{\omega}$ terimleri için elde edilebilir.

$$S(\omega) = 0.39 H_s^2 \frac{\bar{\omega}^5}{\omega^6} \exp \left[-1.767 \left(\frac{\omega}{\bar{\omega}} \right)^{-2} \right]$$

Bir önceki denklemle karşılaştırılırsa,

$$\begin{aligned} \omega &= 0.767 \bar{\omega} \\ f_0 &= \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{1}{2\pi} \frac{g}{U_\omega} \\ S(f) &= 1.466 H_s^2 \frac{f_0^5}{f^6} \exp \left[-3 \left(\frac{f}{f_0} \right)^{-2} \right] \end{aligned}$$

4. Pierson-Moskowitz Spektrum Modeli

1964'de Pierson-Moskowitz, Kitaigorodskii'nin benzeşim teorisi ve oldukça kesin dalga kayıtlarını temel alarak, **rüzgarın dalga ürettiği deniz ortamındaki** enerji spektrum yoğunluğu için yeni bir bağıntı önerdiler. Bu bağıntı, birçok deniz için tanımlanmış bağıntıların arasında okyanus mühendisliğinde en yaygın kullanım alanı bulmuş olanıdır.

P-M spektrum modeli, rüzgar hızı olarak adlandırdığımız tek parametreyle tam-gelişmiş deniz durumunun tanımlanmasını sağlamaktadır. **Feç ve esme süresi sonsuz** olarak düşünülmektedir. Böyle bir alanda yaklaşık sabit bir hızla, uzunca bir süre esmeli ve daha kayıtları alınırken rüzgar yönü belirli veya kabul edilebilir miktarda küçük değerlerden fazla değişmemelidir. Bu kabullerin doğrultusunda **açık deniz yapılarının tasarımında kullanılacak fırtına dalgalarının tanımlanmasında oldukça kullanışlı bulunmaktadır.**

P-M Spektrum Modeli;

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \cdot \exp \left[-0.74 \left(\frac{\omega U_\omega}{g} \right)^{-4} \right]$$

Burada $a=0.0081$, aynı bağıntı spektral pik frekansı terimiyle yeniden yazılırsa,

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \cdot \exp \left[-1.25 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right]$$

Dalga yüksekliklerinin varyansı σ^2 veya sıfıncı moment (merkezsel moment) m_0 spektrum eğrisinin altındaki alanla tanımlanır.

$$\sigma^2 = m_0 = \int_0^{\infty} S(\omega) d\omega = \int_0^{\infty} S(f) df$$

$$\sigma^2 = m_0 = \frac{\sigma g^2}{5\omega^4}, \alpha = \frac{5\sigma^2 \omega_0^4}{g^2}$$

Pik frekansın değeri, belirgin dalga yüksekliğinin değeriyle

$$\omega_0^2 = 0.161 \frac{g}{H_s} \text{ verilmektedir.}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \text{ bağıntısından spektrum;}$$

$$S(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4} f^{-5} \exp \left[-1.25 \left(\frac{f}{f_0} \right)^{-4} \right]$$
$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

İki denklem karşılaştırılırsa 2π kadar bir fark olduğu göze çarpar. Enerji spektrum

yoğunluğunun ikinci derece momenti;

$$m_2 = \int_0^{\infty} f^2 S(f) df, \text{ dır.}$$

5. Bretschneider Spektrum Modeli

Bu spektrumun temel kabulleri, **spektrumun Dar-Bant** ve **Rayleigh dağılımına uyan** özel bir dalga yüksekliği ve dalga periyodunun olmasıdır. Bretschneider, spektral model şekillerinden aşağıdaki modeli (1959,1969) türetilmiştir.

$$S(\omega) = 0.1687 H_s^2 \frac{\omega_0^4}{\omega^5} \exp \left[-0.675 \left(\frac{\omega_s}{\omega_0} \right)^4 \right]$$

Burada $\omega_s = 2\pi/T_s$, H_s , belirgin dalga yüksekliği ve T_s , belirgin dalga periyodu olup belirgin dalgaların ortalama periyodu olarak tanımlanmaktadır. Bretschneider spektrumunda şu gösterilebilir.

$$T_s = 0.946.T_0$$

burada T_0 pik periyoddur. Bu ilişki Bretschneider ve P-M spektrumlarını denk yapmaktadır.

Önceki modeller tam gelişmiş deniz koşulları için çıkarılmıştı. Fakat bunların **kısmen gelişmiş deniz durumu** için de uygun olacağı gösterilmektedir. Dalga yüksekliği, dalga periyodu ve rüzgar hızı arasındaki ilişki Bretschneider tarafından deneysel olarak çıkarılmıştır. Tam gelişmiş deniz koşulları için;

$$H_s = 0.282 \frac{U_w^2}{g}$$

$$T_s = 6.776 \frac{U_w}{g}$$

Kısmen gelişmiş deniz koşulları için,

$$H_s = 0.254 \frac{U_w^2}{g} \quad (\text{Deniz gelişme oranı \%90 için } 0.254)$$

$$T_s = 4.764 \frac{U_w}{g} \quad (\text{Deniz gelişme oranı \%80 için } 0.226)$$

Böylece **ortalama rüzgar hızı U_w** bilindiğinde **Bretschneider modelini** kullanılarak dalga yüksekliği ve periyodu bulunur.

P-M ve Bretschneider modellerinde, rüzgar hızı ifadeleri iki farklı yükseklikte ölçülmektedir. Rüzgar hızının dağılımı $U_w = U_{10} \left(\frac{y}{10} \right)^{1/7}$ rüzgar hızı bağıntısıyla verilebilir.

Burada y ortalama deniz seviyesinin üzerinde ölçülen düşey uzaklık ve U_{10} ise 19 m yükseklikte ölçülen rüzgar hızıdır. Rüzgar hızının bu ifadeyle düzenlenmesi iki

spektrum modelinin denkliğini göstermektedir.

$$S(f) = 0.1687 H_s^2 \frac{f_s^4}{f^5} \exp \left[-0.675 \left(\frac{f_s}{f} \right)^4 \right]$$

6. ISSC Spektrum Modeli (International Ship Structures Congress, 1964)

Bretschneider spektrum modelinin düzenleyerek önerilen bir modeldir.

$$S(\omega) = 0.1107 H_s^2 \frac{\bar{\omega}^4}{\omega^5} \exp \left[-0.442 \left(\frac{\bar{\omega}}{\omega} \right)^4 \right]$$

ISSC spektrumunda $\bar{\omega}$ ve ω_0 pik frekans arasındaki ilişki, $\bar{\omega} = 1.296 \omega_0$ olarak verilmiştir.

$$S(f) = 0.1687 H_s^2 \frac{\bar{f}^4}{f^5} \exp \left[0.442 \left(\frac{\bar{f}}{f} \right)^4 \right]$$

7. ITTC Spektrum Modeli (The International Towing Tank Conference)

1966,69,72 de P-M spektrum modeli belirgin dalga yüksekliği ve sıfırdan geçme frekansı terimlerine göre yeniden düzenlenerek önerildi.

Ortalama olarak hesaplanan sıfırdan geçme frekans değeri;

$$\omega_z = \sqrt{\omega_2 / \omega_0} \quad , \text{ buna göre ITTC spektrumu yeniden yazılarak,}$$

$$S(\omega) = \alpha \cdot g^2 \cdot \omega^{-5} \exp \left[-\frac{4\alpha \cdot g^2 \cdot \omega^{-4}}{H_s^2} \right]$$

$$\alpha = \frac{0.0081}{k^4}$$

$$k = \frac{\sqrt{g / \sigma}}{3.54 \alpha \omega_z}$$

$$\sigma = \sqrt{m_o} = \frac{H_s}{4} \quad , \quad (\text{Su yüzü kotunun standart sapma veya r.m.s. değeri})$$

k=1 ise H_s , değeri ω_z 'e bağlı olarak;

$$\omega_z^2 = \frac{g}{3.13 H_s}$$

Dikkat edilirse k=1 için yukarıdaki spektrum bir parametrelili P-M spektrum modeline dönüşmektedir. ITTC spektrumu P-M spektrumuyla karşılaştırılırsa $\alpha \cdot g^2$ şu şekilde tanımlanmaktadır.

$$\alpha \cdot g^2 = \frac{5}{16} H_s \omega_0^4$$

α ve k 'nin değeri yer değiştirirse, $\omega_0 = 0.710 \cdot \omega_z$ olmaktadır.

Bununla birlikte P-M spektrumundan ω_z içinde a yı ifade elde edilebilir. Diğer bir ifade de ITTC spektrumundan ω_0 pik frekansı için elde edilmektedir.

$$\omega_o^4 = \frac{16}{5} \cdot \frac{\alpha \cdot g^2}{H_s^2}$$

Bu ifade P-M spektrumunda da aynı şekildedir. ITTC spektrumu için karakteristik frekans ω_0 olup her iki spektrum modeli için aynıdır [Mathews 1972]. ITTC spektrumunun diğer formları, farklı k değerleri ve farklı karakteristik periyodlar için MATHEWS tarafından çıkarılmıştır.

8. JONSWAP Spektrum Modeli

JONSWAP spektrumu 1973 de Hasselman ve diğerleri tarafından Kuzey Deniz Dalga Projesi ve aynı isimli projelerle birleşik olarak elde edilen bilgilerle geliştirilmiştir. JONSWAP spektrumu için formül, düzeltilmiş P-M bağıntısıyla yazılarak şu şekli alır;

$$S(\omega) = \alpha \cdot g^2 \cdot \omega^{-5} \exp \left[-1.25 \left(\frac{\omega}{\omega_o} \right)^{-4} \right] \sigma^{\exp \left[\frac{-(\omega - \omega_o)^2}{2\tau^2 \omega_o^2} \right]}$$

σ , pik parametresi ve τ şekil parametresi ($\tau_a, \omega \leq \omega_o$ ve $\tau_b, \omega > \omega_o$), U_w hızıyla rüzgarın uzun bir zaman X feçinde estiği kabul edilmektedir.

Ortalama değerler olarak bu parametreler;

$$\sigma = 3.30$$

$$\tau_a = 0.07$$

$$\tau_b = 0.09$$

$$\alpha = 0.076(X_o)^{-0.22} \quad (X \text{ bilindiğinde } \alpha = 0.0081)$$

$$\omega_o = 2\pi \left(\frac{g}{U_w} \right) (X_o)^{-0.33}$$

$$X_o = \frac{gX}{U_w^2}$$

feçten bağımsız durumda α 'nın P-M modelindeki değeriyle aynı düşünülüyor.

σ 'nın 3.3 değeri, belirli bir rüzgar hızı ve verilen X feç uzunluğu için ortalama bir spektrum verir. Bununla birlikte σ değeri, rüzgar esme süresine bağlı sabit bir rüzgar hızı, gelişmekte olan bir fırtına durumunda farklı değerler alacaktır, σ değerinin normal olasılık dağılımına uyduğu görülmektedir. Ochi (1978).

σ 'nın 1.75 ile 4.85 aralığında beş farklı değeri için eğri ailesi hazırlanmıştır. Ochi, feç limitli alandaki açık deniz yapılarının tasarımında JONSWAP dalga spektralının kullanılmasını önermiştir.

JONSWAP spektrumu α , τ_a ve τ_b sabit olarak alınan ve daha önce tanımlanan değerler olmak üzere σ ve ω_o terimlerinden oluşan iki parametrelilik olarak tanımlanmıştır. Bununla birlikte tasarım durumunda genellikle rastgele dalgaların ortalama periyodu ve belirgin dalga yükseklikleri bellidir. Ne yazık ki, JONSWAP spektrumunun m_n momentleri kapalı şekli nedeniyle elde edilemez ve σ ile T_o değerleri sayısal olarak deneme-yanılma spektrumdan elde edilir. Bu dört parametre arasındaki ilişkinin detaylı bir incelemesi, H_s ve T_z , T_o ve σ 'a bağlı olarak iki polinomla gösterilebilir.

$$H_s = (0.11661 + 0.0158.\sigma - 0.00065.\sigma^2)T_o^2$$

$$T_o = (1.49 - 0.102.\sigma + 0.0142.\sigma^2 - 0.00079.\sigma^3)T_z$$

Yukarıdaki denklemden $\sigma = 1$ için $H_s = 0.1317.T_o^2$ P-M spektrumu için %1 den daha az hataya sahiptir. %0.1 hatayla da $T_o = 1.4014.T_z$ denklemi verilmektedir. Goda (1979), H_s ve ω_o terimlerini içeren JONSWAP spektrumunu için yaklaşık bir ifade türetti.

$$S(\omega) = \alpha^* . H_s^2 . \frac{\omega^{-5}}{\omega_o^{-4}} \exp \left[-1.25 \left(\frac{\omega}{\omega_o} \right)^{-4} \right] \sigma \exp \left[-\frac{(\omega - \omega_o)^2}{2\tau^2 \omega_o^2} \right]$$

$$\alpha^* = \frac{0.0624}{0.230 + 0.0336\sigma - 0.185.(1.9 + \sigma)^{-1}}$$

Dikkat edilirse $\sigma = 1$ için $\alpha^* = 0.312$ olup P-M spektrumuna dönüşmektedir.

$$f \leq f_m \text{ için } \tau = \tau_a = 0.07$$

$$f > f_m \text{ için } \tau = \tau_b = 0.09$$

$$S(f) = \frac{\alpha . g^2}{(2\pi)^4} . \frac{1}{f^5} \exp \left[-1.25 \left(\frac{f}{f_m} \right)^{-4} \right] \sigma \exp \left[-\frac{(f - f_m)^2}{2\tau^2 f_m^2} \right]$$

9. SCOTT Spektrum Modeli

Scott (1965) spektral bağıntısı rüzgar hızı, feç veya esme süresi ve diğerlerinden bağımsızdır. Böylece bağıntı tam gelişmiş deniz spektrumudur. Scott spektrumu iki parametrelidir.

$$S(\omega) = 0.214.H_s^2 \exp \left[-\left\{ \frac{(\omega - \omega_o)^2}{0.065(\omega - \omega_o + 0.26)} \right\}^{1/2} \right], -0.26 < (\omega - \omega_o) < 1.65$$

$S(\omega) = 0$, Diğer durumlar için.

Dikkat edilirse bu düzenleme genel kategoriye doğrudan girmemektedir. Bu formülde $(\omega_o - 0.26)$ den daha küçük ve $(\omega_o + 1.65)$ den daha büyük frekanslardaki dalgaların enerjisi yoktur. Burada ω_o maksimum dalga enerjisinin frekansı olarak tanımlanmaktadır. Bu modelin katsayıları boyutsuz değildir. Spektrum Kuzey atlantik bölgesine ait verilerle ilgilidir.

$$S(f) = 0.214.H_s^2 \exp \left[-\left\{ \frac{(f - f_o)^2}{0.065(f - f_o + 0.26)} \right\}^{1/2} \right], -0.26 < (f - f_o) < 1.65$$

$S(f) = 0$, Diğer durumlar için.

10. Liu Spektrum Modeli

Liu (1971) Michigan gölünden elde ettiği dalga verileriyle bu spektrum modelini geliştirmiştir. Bu model P-M spektrum modeline benzemekle birlikte **feç bağı** olarak düzenlenmiştir. Feç sınırlı spektral model;

$$S(\omega) = \alpha \cdot g^2 (x_o)^{-1/4} \cdot \omega^{-5} \cdot \exp \left[-\beta \left(\frac{\omega U_*}{g} \right)^4 \cdot x_o^{-4/3} \right]$$

$$\alpha = 0.4$$

$$\beta = 5.5 \cdot 10^3$$

$$x_o = \frac{g \cdot x}{U_*^2}$$

$$U_* = \frac{U_w}{\left(\frac{U_w^2}{g \cdot x} \right)^{1/3}}$$

Pratik uygulamalarda sınırlı olarak kullanım bulmuştur. Spektrum feç parametresine bağlıdır. Bu bağıntı P-M spektrum modeline benzemekle birlikte x_o gelişmekte olan her durum da sabit bir değere ulaşmaktadır. Bu model asimtotik olarak P-M modeline yaklaşmaz.

11. Mitsuyasu Spektrum Modeli

Mitsuyasu (1872) de Kitaigorodskii'nin benzeşim teorisini kullanarak **feç limitli dalga spektrum** modeli önermiştir. Deneysel modellerini bir körfezin ve laboratuvarında rüzgarla üretilmiş dalga verilerini esas alarak türetmiştir. Bu iki veri kümesiyle, boyutsuz x_o feç 10^2 ile 10^6 aralığını kapsamaktadır.

$$S(\omega) = \alpha \cdot g^2 \cdot X_o^{-0.312} \exp \left[-\beta X_o^{-1.32} \left(\frac{\omega U_*}{2\pi g} \right)^{-4} \right]$$

Burada $\alpha=5.204$, ($\beta=1.25$ ve U_* rüzgar kayma hızı ($U_{10}/2.5$) 'dır. Bu model $X_o=10^7$ için P-M modeline yakınsamaktadır. Model pik frekansın düşük frekanslarda görüldüğü durumlarda ölçülen verilerle uyum sağlamaktadır. Mitsuyasu, feç limitli modeli iki kısım içerecek şekilde yenileyerek önerdi; birincisi düşük frekanslar için diğeri yüksek frekanslar içindir.

$0.3 \omega_o < \omega < \omega_o$ için,

$$S(\omega) = \alpha \cdot g^2 \cdot \omega^{-5} \exp \left[-\beta X_o^{-0.312} \left(\frac{\omega U_*}{2\pi g} \right)^{-4} \right]$$

Burada,

$$\alpha = 3.55 \cdot 10^{-9}$$

$$\beta = 22.1$$

ve $\omega \geq \omega_o$ için, $S(\omega) = \alpha \cdot g^2 \cdot \omega^{-5} X_o^{-0.308}$

$$\alpha=2.30$$

Bu ifadedeki feçe bağımlılık Liu'nun modeline göre farklıdır.

12. Ochi-Hubble Spektrum Modeli

Ochi-Hubble (1976) da esas olarak iki kısımdan oluşan **6 parametrelili** bir spektrum geliştirdiler; birincisi dalga enerjisinin düşük frekanslı bileşenleri ve diğeri yüksek frekanslar içindi. Her bileşen üç parametrelili terimlerle ifade edildi ve toplam spektrum bu ikisinin doğrusal bileşeni olarak yazıldı.

Dalga enerji yoğunluğu iki pikli tanımlanmış olup, bu ifade de **düşük frekanslı ağırlık dalgaları (SWELL)** ile **yüksek frekanslı rüzgarın ürettiği dalgaları** modellemek mümkündür. Model, fırtına esnasında gelişebilecek bütün durumları tanımlayabilecek gibi görülmektedir.

$$S(\omega) = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^2 \left\{ \frac{\left(\frac{4\lambda_j + 1}{4} \cdot \omega_{o_j}^4 \right)^{\lambda_j}}{\Gamma(\lambda_j)} \frac{H_{s_j}^2}{\omega^{4\lambda_j+1}} \exp \left[- \left(\frac{4\lambda_{j+1}}{4} \right) \left(\frac{\omega_{o_j}}{\omega} \right)^4 \right] \right\}$$

H_{s_1}, ω_{o_1} ve λ_1 sırasıyla düşük frekanslı bileşenler için, belirgin dalga yüksekliği, açılal frekans ve şekil faktörüdür. H_{s_2}, ω_{o_2} ve λ_2 sırasıyla yüksek frekans bileşeninin parametreleridir. Yukarıdaki ifade de H_{s_j}, ω_{o_j} değerleri sabit tutulduğunda, λ_j parametresi spektrumun şeklini kontrol eder.

$\lambda_1 = 1$ ve $\lambda_2 = 0$ için düzeltilmiş P-M spektrumunu elde edilir. Yukarıdaki spektrum ifadesinin genel bir şekli ve girilen spektrumun dar-bant kabulünden, eşdeğer belirgin dalga yüksekliği $H_{s_1} = \sqrt{H_{s_1}^2 + H_{s_2}^2}$ elde edilir. Genel olarak λ_1 değeri λ_2 den büyüktür.

Belirgin dalga yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak diğeri parametreler aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

H_s ; Eşdeğer belirgin dalga yüksekliği

$$H_{s_1} = 0.84H_s$$

$$H_{s_2} = 0.54H_s$$

$$f_{o_1} = 0.74e^{-0.046H_s}$$

$$f_{o_2} = 1.15.e^{-0.039H_s}$$

$$\lambda_1 = 3.00$$

$$\lambda_2 = 1.54.e^{-0.062H_s}$$

$$S(f) = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^2 \left\{ \frac{\left(\frac{4\lambda_j + 1}{4} \cdot f_{o_j}^4 \right)^{\lambda_j}}{\Gamma(\lambda_j)} \frac{H_{s_j}^2}{f^{4\lambda_j+1}} \exp \left[- \left(\frac{4\lambda_{j+1}}{4} \right) \left(\frac{f_{o_j}}{f} \right)^4 \right] \right\}$$

SPKTRUM MODELLERİNİN SEÇİMİ

Açık deniz yapısının tasarımında seçilecek spektrumun seçimi tasarlayana bağlıdır. Geniş bir kullanım alanı bulan P-M veya Bretschneider spektrumu Mexico Körfezinde kullanılmaktadır. $\sigma=3.3$ ortalama değerli JONSWAP modeli

Kuzey Denizi için önemlidir. 1 ile 4 değerleri arasında seçilen σ , JONSWAP spektrumu fırtına dalgası tasarım modellerinin tanımlanmasında tercih edilmektedir.

P-M, Bretschneider, ISSC ve ITTC aynı enerji spektrum sınıfına düşmekte ve sadece karakteristik periyodun seçilmesinde farklılık göstermektedir. P-M bağıntısı ve JONSWAP, rüzgar hızının su seviyesinin 19.5 metre üstünde ölçülmesi temeline dayanır. Bretschneider ve ISSC bağıntıları ise rüzgar hızının 0-10 m arasında ölçülmesi esastır.

Rüzgar hızının yükseklikle değiştigi düşünülürse, P-M ve Bretschneider spektrumu arasındaki farklılık önemli şekilde azalacaktır. Ochi spektrumunun açık avantajı ise rüzgarın dalga ürettiği deniz ortamında ağırlık dalgalarının oluşmaya başladığını kabul etmesidir. Bununla birlikte bu tip datanın elde edilmesinin sınırlı olması nedeniyle, bu spektrumun kullanılması da sınırlıdır.

Neumann ve düzeltilmiş Neumann spektrum modelleri sınırlı verilerle elde edilmiş ilk modeller arasındadır. Bu yüzden bunlar, günümüzde gelişmiş modern ölçme teknikleri ve rüzgar-dalga değişimi hakkındaki daha ileri bilgisi dikkate alınarak, zamanı geçmiş ve diğerlerine göre daha az kesinliğe sahip oldukları düşünülerek elenebilir.

Lui ve Mitsuyasu spektrumları feç bağımlıdır. Bunlar göl ve hazneleri sınırlı feçleri esas alınarak çıkarılmıştır. Bu nedenle açık denize uygulanmayabilirler.

Kaynak:

Hydrodynamics of Offshore Structures- S. K. Chakrabarti, Sayfa ; 86-125