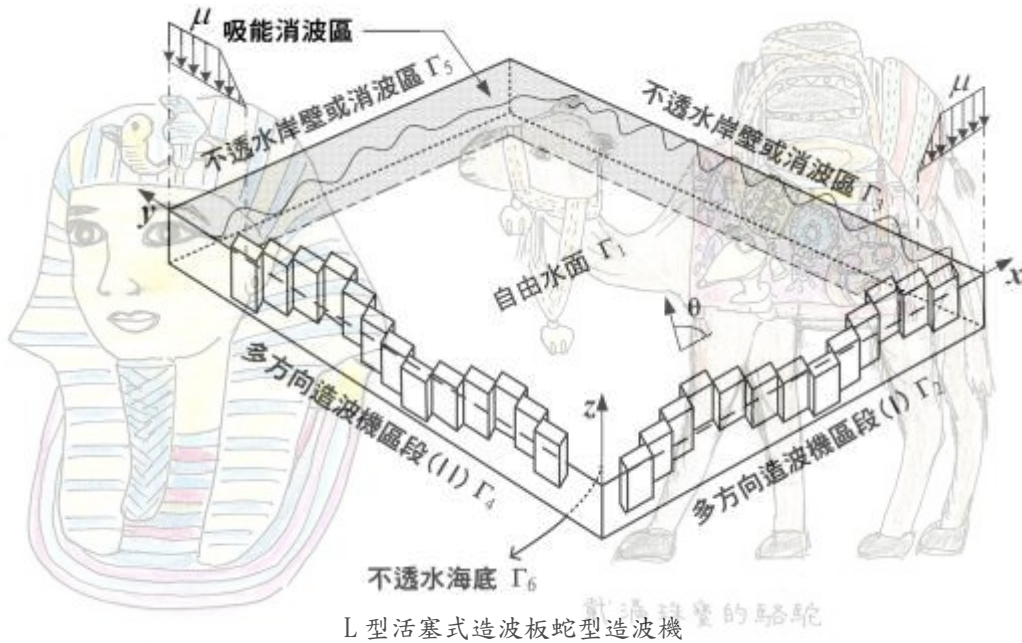


L型活塞式造波板蛇型造波機造波方程式



如上圖，x 方向設置 N 塊、y 方向設置 M 塊活塞式造波板蛇型造波板的運動速度 $U_1(j_1, t), U_2(j_2, t)$, ($j_1=1, 2, \dots, N$; 及 $j_2=1, 2, \dots, M$) 如下：

1. 簡谐波

$$\left. \begin{aligned} U_1(j_1, t) &= a\alpha\sigma \sin[\sigma t - k(j_1 w_B) \cos \theta_B] \\ U_2(j_2, t) &= a\alpha\sigma \sin[\sigma t - k(j_2 w_B) \sin \theta_B] \end{aligned} \right\}$$

$$\alpha = \frac{\sinh kh \cosh kh + kh}{2 \sinh^2 kh}$$

θ_B = 造波方向 (以 x 軸為基準)

a = 造波振幅

$\alpha = \theta_B$ 板修正係數

σ = 造波角頻率 (= $2\pi/T$, T = 造波週期)

k = 造波波數

h = 造波水深

w_B = 每塊造波板寬度



2. 短峰波

$$\left. \begin{aligned} U_1(j_1, t) &= a_1 \alpha_1 \sigma_1 \sin[\sigma_1 t - k_1(j_1 w_B) \cos \theta_{B1}] + a_2 \alpha_2 \sigma_2 \sin[\sigma_2 t - k_2(j_1 w_B) \cos \theta_{B2}] \\ U_2(j_2, t) &= a_1 \alpha_1 \sigma_1 \sin[\sigma_1 t - k_1(j_2 w_B) \sin \theta_{B1}] + a_2 \alpha_2 \sigma_2 \sin[\sigma_2 t - k_2(j_2 w_B) \sin \theta_{B2}] \end{aligned} \right\}$$

θ_{B1}, θ_{B2} = 造波方向 (以 X 軸為基準逆時針為正)

a_1, a_2 = 造波振幅

α_1, α_2 = 造波板修正係數

σ_1, σ_2 = 造波角頻率 ($= 2\pi/T$, T = 造波週期)

k_1, k_2 = 造波波數

h = 造波水深

w_B = 每塊造波板寬度

3. 孤立波

$$\left. \begin{aligned} U_1(j_1, t) &= x_0 \omega \operatorname{sech}^2 \omega(t - t_c - j_1 w_B \cos \theta_B) \\ U_2(j_2, t) &= x_0 \omega \operatorname{sech}^2 \omega(t - t_c - j_2 w_B \cos \theta_B) \end{aligned} \right\}$$

2011 埃及尼羅河之旅

$$x_0 = h_0 \sqrt{\frac{4H_0}{3(H_0 + h_0)}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{h_0}} \sqrt{\frac{3H_0}{4h_0} \left(1 + \frac{H_0}{h_0}\right)}$$

$$t_c = \pi/\omega$$

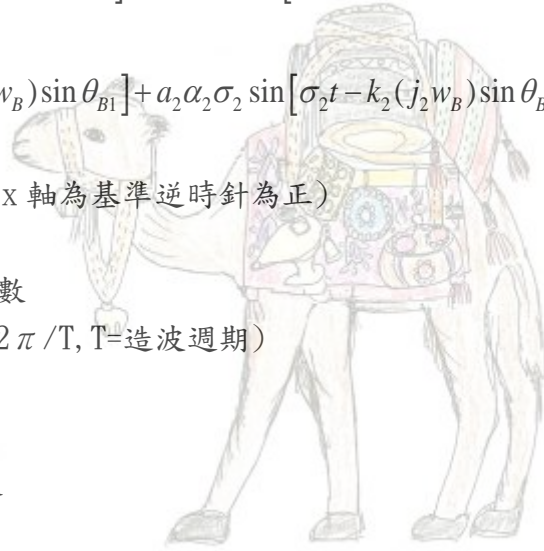
x_0 = 造波板的半衝程 (semistroke)

H_0 = 造波波高

h_0 = 造波水槽水深

ω = 特徵角頻率 (characteristic angular frequency)

t_c = 為特徵時間 (characteristic time)。



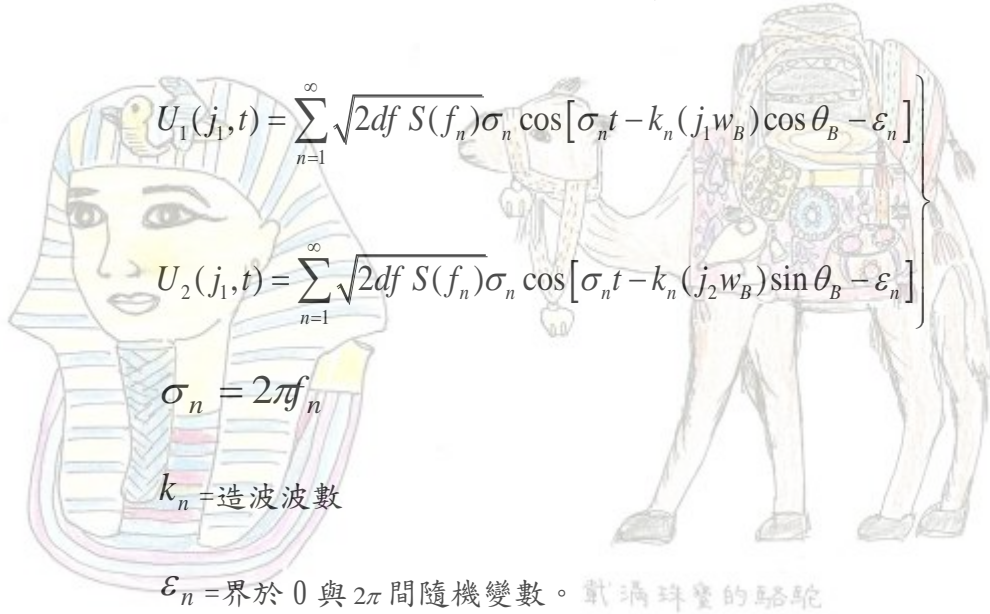
載滿珠寶的駱駝



阿拉丁神燈

4. 單方向不規則波

模擬造波波譜為 $S(f)$ 時，造波板運動速度 $U(j, t)$ 為



$$U_1(j_1, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2df S(f_n)} \sigma_n \cos[\sigma_n t - k_n(j_1 w_B) \cos \theta_B - \varepsilon_n]$$

$$U_2(j_1, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2df S(f_n)} \sigma_n \cos[\sigma_n t - k_n(j_2 w_B) \sin \theta_B - \varepsilon_n]$$

$$\sigma_n = 2\pi f_n$$

k_n = 造波波數

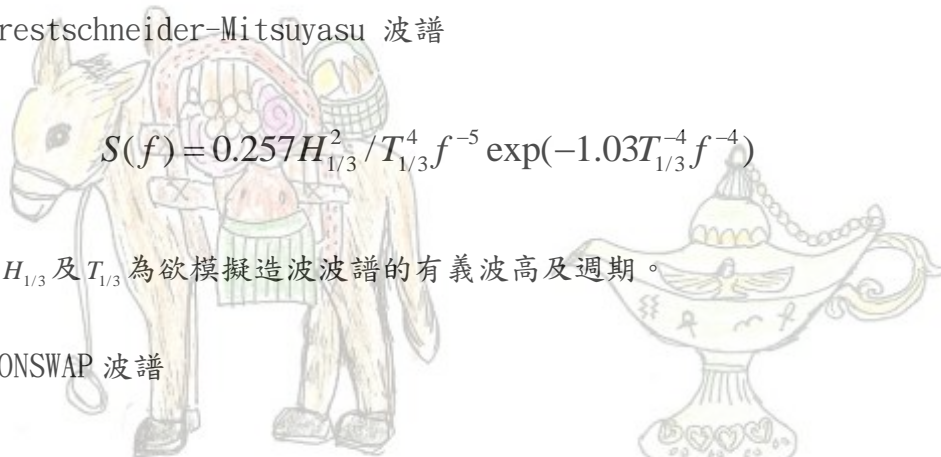
ε_n = 界於 0 與 2π 間隨機變數。戴滿珠寶的駱駝

a. Brestschneider 波譜

2011 埃及尼羅河之旅

$$S(f) = 0.430 \bar{H}^2 \bar{T}^4 f^{-5} \exp(-0.675 \bar{T}^4 f^{-4})$$

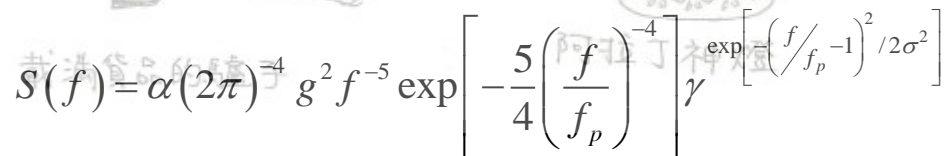
b. Brestschneider-Mitsuyasu 波譜



$$S(f) = 0.257 H_{1/3}^2 / T_{1/3}^4 f^{-5} \exp(-1.03 T_{1/3}^4 f^{-4})$$

$H_{1/3}$ 及 $T_{1/3}$ 為欲模擬造波波譜的有義波高及週期。

c. JONSWAP 波譜



$$S(f) = \alpha (2\pi)^{-4} g^2 f^{-5} \exp \left[-\frac{5}{4} \left(\frac{f}{f_p} \right)^{-4} \right] \gamma \exp \left[-\left(\frac{f}{f_p} - 1 \right)^2 / 2\sigma^2 \right]$$

$$\begin{cases} \sigma = 0.07 & f \leq f_p \\ \sigma = 0.09 & f > f_p \end{cases}$$

$$\alpha \approx 0.081$$

$$\gamma \approx 3.3$$

f_p = 頂點頻率

5. 多方向不規則波

模擬造波頻率波譜為 $S(f)$ ，能量方向分佈函數 $h(\theta, f)$ 為

$$h(\theta, f) = \left[\int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} \cos^{2S} \left(\frac{\theta}{2} \right) d\theta \right]^{-1} \cos^{2S} \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

$$= \left[\frac{1}{\pi} 2^{2S-1} \frac{\Gamma^2(S+1)}{\Gamma(2S+1)} \right] \cos^{2S} \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

2011 埃及尼羅河之旅

$$S = \begin{cases} S_{\max} (f / f_p)^5 & f \leq f_p \\ S_{\max} (f / f_p)^{-2.5} & f > f_p \end{cases}$$

S 為方向集中度參數， S_{\max} 表示波浪方向分佈最大集中度， f_p 為波譜頂點頻率。

$$\begin{aligned} S_{\max} = 10 & \text{ , 風波} \\ = 25 & \text{ , 衰減距離較短湧浪} \\ = 75 & \text{ , 衰減距離較長湧浪} \end{aligned}$$

造波板運動速度 $U(j, t)$ 為

$$U_1(j_1, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2df S(f_n)} \sigma_n \cos \left[\sigma_n t - k_n (j_1 w_B) \cos \theta_{f_n} - \varepsilon_n \right]$$

載滿貨品的驢子

阿拉丁神燈

$$U_2(j_2, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2df S(f_n)} \sigma_n \cos \left[\sigma_n t - k_n (j_2 w_B) \sin \theta_{f_n} - \varepsilon_n \right]$$

$$\theta_{f_n} = h(\theta, f_n)$$