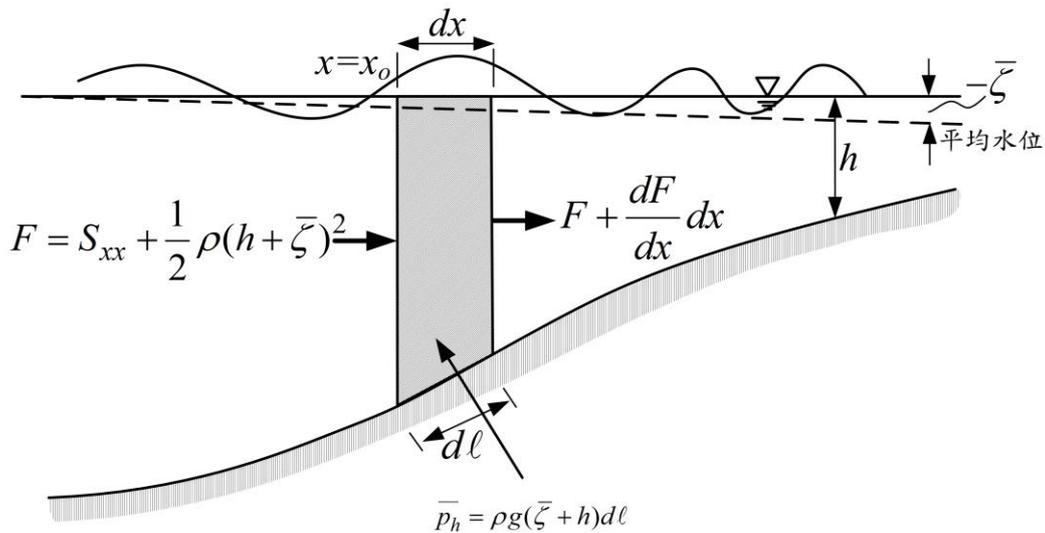


海面平均水位上昇及下降 (Wave set-up and Wave set-down)

波浪進入海岸附近，波長變短，波形尖度變大，以致發生碎波，碎波後會形成 2 次波，以較小振幅向前進行，改變輻射應力，使平均水位發生變化。通常在碎波點外側平均水位會比靜水位低，波發生碎波後，平均水位會比靜水位高的現象發生，以往論文已有實驗報告。這種現象稱為海面平均水位上昇及下降。平均水位改變，不但是離岸流發生的主要原因，也對波浪遊上有很大影響。

1964 年 Longuet-Higgins & Stewart 利用輻射應力觀念理論說明這現象如下。



波水平動量平衡

如上圖，對 $x = x_0$ 及 $x = x_0 + dx$ 所包圍水域，流入 $x = x_0$ 斷面的動量流束為 F ，輻射應力 S_{xx} 可以下式表示

$$S_{xx} = F - \frac{1}{2} \rho g (h + \bar{\zeta})^2 \quad (A)$$

流出 $x = x_0 + dx$ 斷面的動量流束應為 $F + dF/dx \cdot dx$ ，因此所考慮水域內動量流束的增加量為 $-dF/dx \cdot dx$ 。

由於底部不為水平，有因底部壓力 p_h 引起水平動量產生的附加流束存在，對所考慮水域的動量平衡條件式為

$$F + \frac{dF}{dx} dx - F = \bar{p}_h \frac{dh}{dx} dx \quad (B)$$

\bar{p}_h 表示底部壓力平均值。

在此主要問題為如何決定 \bar{p}_h ，Longuet-Higgins 等利用垂直方向 Euler 方程式，忽略底部流速高次項，當底部坡度較緩時，可以下式表示

載滿貨品的驢子

阿拉丁神燈

$$\bar{p}_h = \rho g(h + \bar{\zeta}) \quad (C)$$

將(A)及(C)式代入(B)式得

$$\frac{dS_{xx}}{dx} = -\rho g(h + \bar{\zeta}) \frac{d\bar{\zeta}}{dx}$$

由於 $\bar{\zeta} \ll h$ ，得

$$\frac{d\bar{\zeta}}{dx} = -\frac{1}{\rho gh} \frac{dS_{xx}}{dx} \quad (D)$$

上式為計算平均水位 $\bar{\zeta}$ 的基本式，Languet-Higgins 等對輻射應力作若干變形，經過計算後得

$$\bar{\zeta} = -\frac{a^2 k}{2 \sinh 2kh} \quad (E)$$

$kh \ll 1$ ，即在淺海

$$\bar{\zeta} = -\frac{a^2}{4h} \quad \text{2011 埃及尼羅河之旅}$$

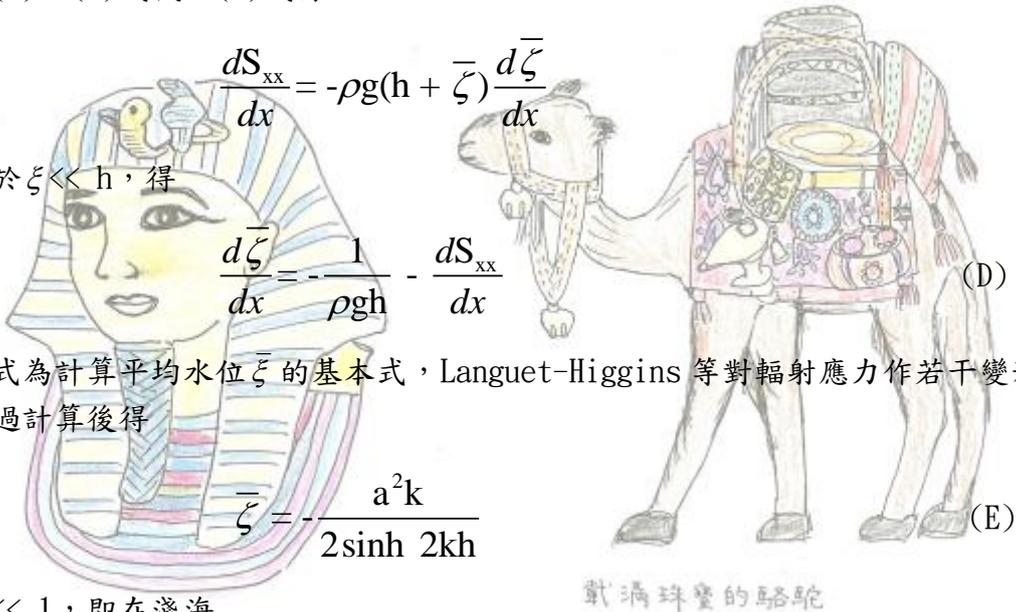
對(E)式，利用 $EC_g = \text{const}$ 的條件，將此式以深海處的振幅 a_0 及週波數 k_0 表示如下

$$\bar{\zeta} = -\frac{a_0^2 + k_0}{2} \frac{\coth^2 kh}{2kh + \sinh 2kh}$$

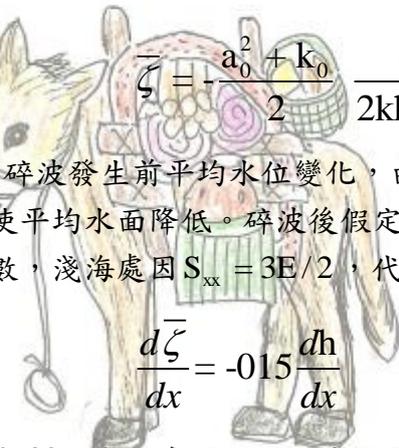
(E)式表示碎波發生前平均水位變化，由此式可知在無能量損失情況，因輻射應力增加會使平均水面降低。碎波後假定波振幅與平均水深成正比，即 $a = \alpha h$ ， α 為比例常數，淺海處因 $S_{xx} = 3E/2$ ，代入(D)式得

$$\frac{d\bar{\zeta}}{dx} = -0.15 \frac{dh}{dx}$$

α 約等於 0.32。由上式可知，碎波區因 dh/dx 為負，即右邊值恆為正，表示在碎波帶內平均水面會上升。



載滿珠寶的駱駝



阿拉丁神燈