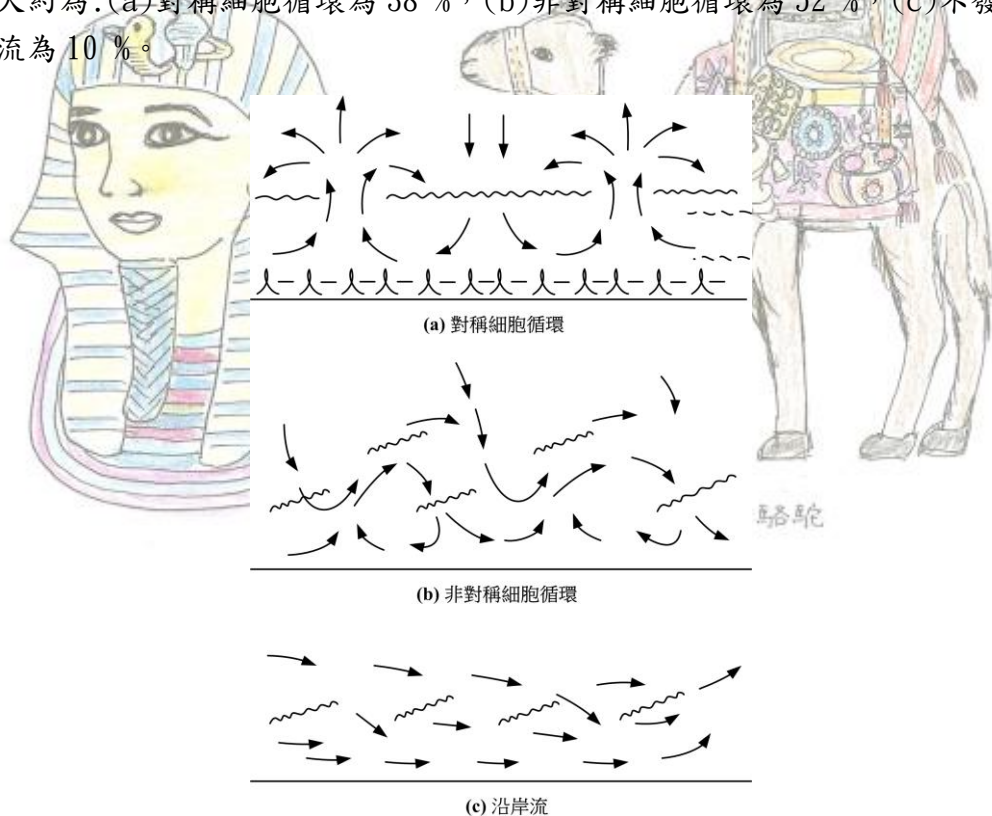


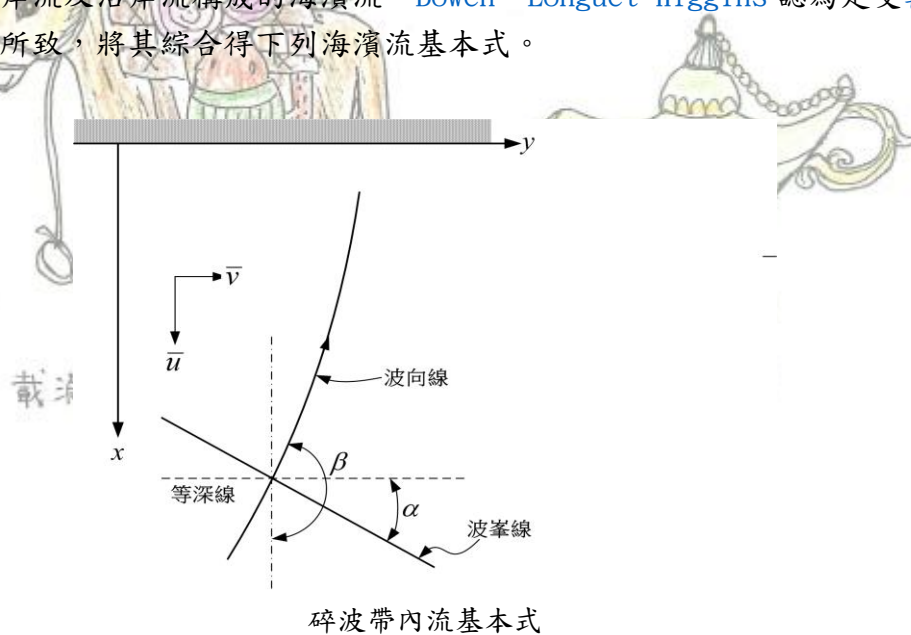
碎波帶內流基本公式

海濱流系統是由波引起的質量輸送、沿岸流及離岸流等所構成。下圖為 Harris 從大量觀測結果，將海濱流形狀分類，依其觀測結果，這些形狀發生頻率大約為：(a)對稱細胞循環為 38 %，(b)非對稱細胞循環為 52 %，(c)不發生離岸流為 10 %。



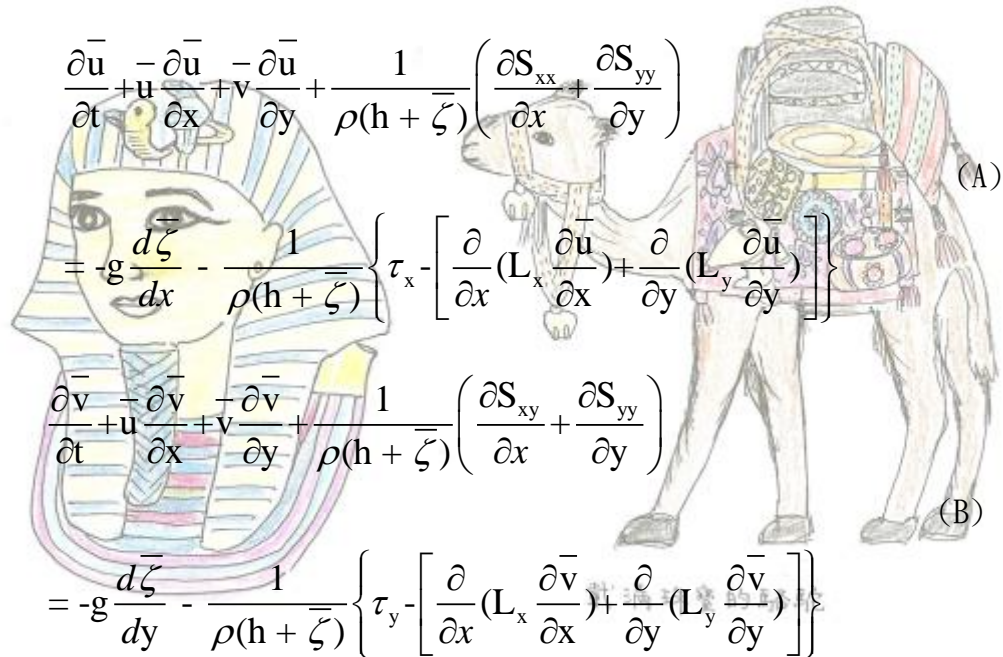
海濱流形狀(Harris, 1969)

由離岸流及沿岸流構成的海濱流，Bowen, Longuet-Higgins 認為是受輻射應力影響所致，將其綜合得下列海濱流基本式。



如上圖所示座標系，對水深方向取平均，得 x 、 y 方向平均流速為 \bar{u} ， \bar{v} ，

平均水位變動量為 $\bar{\zeta}$ 時，動量方程式及質量保存方程式分別為

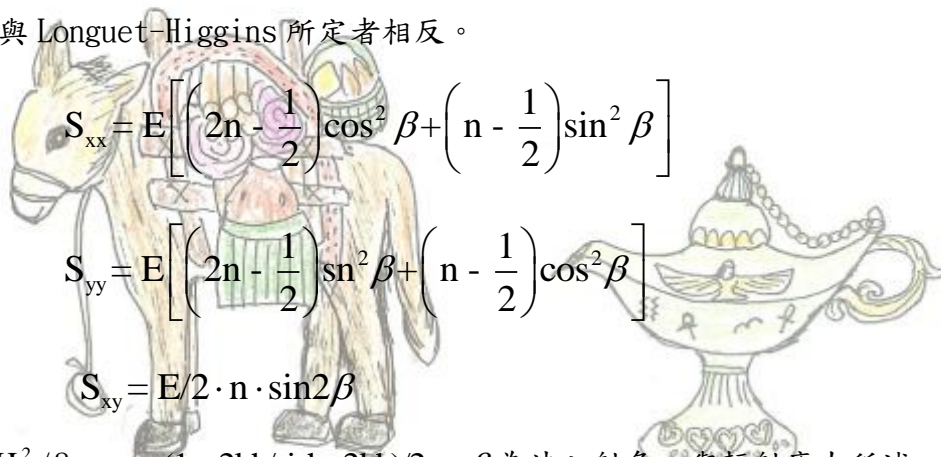


$$\begin{aligned} & \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{1}{\rho(h + \bar{\zeta})} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) \\ & = -g \frac{d\bar{\zeta}}{dx} - \frac{1}{\rho(h + \bar{\zeta})} \left\{ \tau_x \cdot \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(L_x \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(L_y \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right) \right] \right\} \end{aligned} \quad (A)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{1}{\rho(h + \bar{\zeta})} \left(\frac{\partial S_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) \\ & = -g \frac{d\bar{\zeta}}{dy} - \frac{1}{\rho(h + \bar{\zeta})} \left\{ \tau_y \cdot \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(L_x \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(L_y \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right) \right] \right\} \end{aligned} \quad (B)$$

$$\frac{d\bar{\zeta}}{dt} + \frac{\partial}{\partial x} [\bar{u}(h + \bar{\zeta})] + \frac{\partial}{\partial y} [\bar{v}(h + \bar{\zeta})] = 0 \quad (C)$$

S_{xx} ， S_{xy} ， S_{yy} 為輻射應力，依上圖所示座標系，Noda 用下式表示，但其 x 軸的方向恰與 Longuet-Higgins 所定者相反。



$$\begin{aligned} S_{xx} &= E \left[\left(2n - \frac{1}{2} \right) \cos^2 \beta + \left(n - \frac{1}{2} \right) \sin^2 \beta \right] \\ S_{yy} &= E \left[\left(2n - \frac{1}{2} \right) \sin^2 \beta + \left(n - \frac{1}{2} \right) \cos^2 \beta \right] \\ S_{xy} &= E/2 \cdot n \cdot \sin 2\beta \end{aligned}$$

$E = \rho g H^2 / 8$ ， $n = (1 + 2kh / \sinh 2kh) / 2$ ， β 為波入射角，與輻射應力所述 α 間有 $\alpha = 180^\circ - \beta$ 的關係。碎波帶內水深極淺處，因 $n = 1$ 得

$$S_{xx} = E/2 \cdot [3\cos^2 \beta + \sin^2 \beta]$$

$$S_{yy} = E/2 \cdot [3\sin^2 \beta + \cos^2 \beta]$$

$$S_{xy} = E/2 \cdot \sin 2\beta$$

(A)式的 τ_x 及 τ_y 為底部摩擦力，通常以下式表示。

$$\tau_x = \rho f_m u_b \bar{u}$$

$$\tau_y = \rho f_m v_b \bar{v}$$

f_m 為摩擦係數， u_b 為底部水粒子速度振幅。碎波後波高及依長波理論的 u_b 分別以下式表示

$$H = \gamma(h + \bar{\zeta})$$

$$u_b = \sqrt{g(h + \bar{\zeta})} \frac{H}{2(h + \bar{\zeta})} = \frac{\gamma}{2} \sqrt{g(h + \bar{\zeta})}$$

(A)及(B)式的 L_x 及 L_y 為渦動黏性係數，Languet-Higgins 以下式表示

$$L_x \approx L_y = N \rho x \sqrt{gh} \cdot h$$

N 為無因次係數，約在 $0 < N < 0.016$ 間。

波浪從正面來襲，達定常狀態 [2013 埃及 180 日 尼羅河之旅](#)

$$S_{xx} = 3E/2$$

$$S_{xy} = 0$$

(A)式可簡化成

$$\frac{1}{\rho(h + \bar{\zeta})} \cdot \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} = -g \frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial x}$$

即(A)~(C)式可用於海濱流，亦可適用於海面平均水位上昇與下降。

參考文獻

Harris, I.F.W. : Nearshore Circulation , Field observation and Experimental Investigation of an Underlying Cause in Water Tank, Symposium on Coastal Eng., South Africa, 1969.