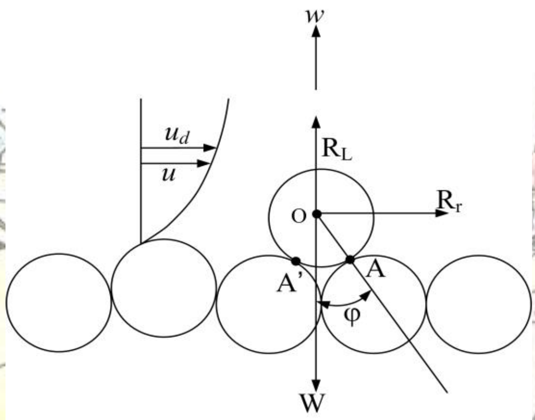
波引起底質移動



作用砂粒的力

如上圖，作用於海底突出球狀砂粒的力，有因波浪運動引起水平力R_T、上揚力R_L及砂粒水中重量W。波運動，由於$R_L << R_T$，可忽略R_L，水粒子水平速度為u時，水平力R_T可以下式表示

$$R_T = \frac{\pi}{6}\rho\left[\frac{3}{4}C_D d^2 u|u| + C_M d^3 \frac{\partial u}{\partial t}\right] \qquad (1)$$

ρ為水密度、d為砂粒粒徑、C_M及C_D分別為球的慣性係數及抗力係數，上式右邊第1項及第2項分別表示作用於球的抗力及慣性力。由於水粒子受波作用，作往復運動，水粒子速度與波進行方向一致時，水平力$R_T > 0$，2者反向時，$R_T < 0$。砂粒受波作用是否會發生移動，只要考量對A(或A')點的轉動力矩即可判別，砂粒在水中的靜止摩擦角以ϕ表示，當

$$|R_T| \cdot d/2 \cdot \cos\phi < W \cdot d/2 \cdot \sin\phi$$

即

$$|R_T| < W\tan\phi \qquad (2)$$

時砂粒不會發生移動，移動臨界為

$$|R_T| = W\tan\phi \qquad (3)$$

由(1)式可知，水平力R_T值及其作用方向隨波運動作時間性變化，在波的1個週期內，(2)式恆被滿足時，砂粒不會發生移動。$|R_T| > W\tan\phi$時，砂粒開始發生移動，因此在1個週期內，水平力絕對最大值$|R_T|$達下列條件時，即為瞬間移動臨界

$$|R_T|_{max} = W\ \tan\phi \quad (4)$$

$$W = \pi(\rho_s - \rho)gd^3/6 \quad (5)$$

ρ_S 為砂粒密度。

討論底質移動時，最大問題在於如何決定水粒子水平速度 u。由於砂粒存在於底面邊界層，假定底面為光滑面、邊界層內的流為層流，依據層流邊界層理論，水粒子水平速度 u 可以下式表示

$$u = u_0\ q\left(\omega t, z/\delta\right) \quad (6)$$

$$q\left(\omega t, z/\delta\right) = \cos\omega t - \exp\left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\frac{z}{\delta}\right)\cos\left(\omega t - \frac{1}{\sqrt{2}}\frac{z}{\delta}\right) \quad (7)$$

$$u_0 = \frac{\pi H}{T}\frac{1}{\sinh\ kh}\ ,\quad \delta = \sqrt{\nu/\omega}$$

ν 為水動粘性係數，z 表示從底面算起垂直距離。利用(6)式計算 u 及 $\partial u/\partial t$ 時，應以那一高度的水平速度及加速度為基準比較妥當，尚無定論。至目前為止，大多以砂粒頂部 z = d 處速度 u_d 及加速度 $(\partial u/\partial t)_d$ 為計算高度，即

$$u_d = u_0\ q_d\left(\omega t, d/\delta\right)$$

$$\left(\frac{\partial y}{\partial t}\right)_d = u_0\ \omega\ q'_d\left(\omega t, d/\delta\right) \quad (8)$$

將上式代入(1)式，依(4)及(5)式，可得臨界移動如下

$$\frac{u_0^2}{s\ g\ d\ \tan\phi} = \frac{1}{\Phi_{max}} \quad (9)$$

$$\Phi_{max} = \left|\frac{3}{4}C_D q_d\left|q_d\right| + C_M\left(\frac{\omega d}{u_0}\right)q'_d\right|_{max} \quad (10)$$

$s = \rho_s/\rho - 1$。

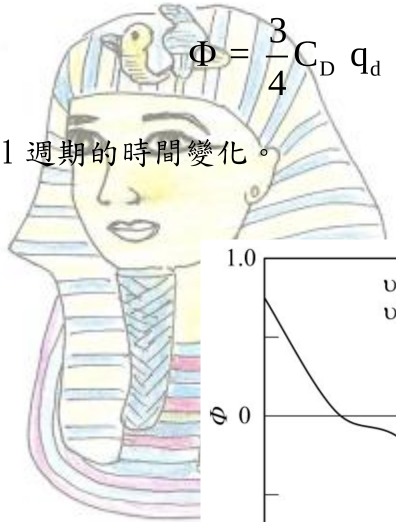
對球體，慣性力係數 C_M=1.5，抗力係數 C_D 為 Reynold 數 $(u_0 d/\nu)$ 的函數。因

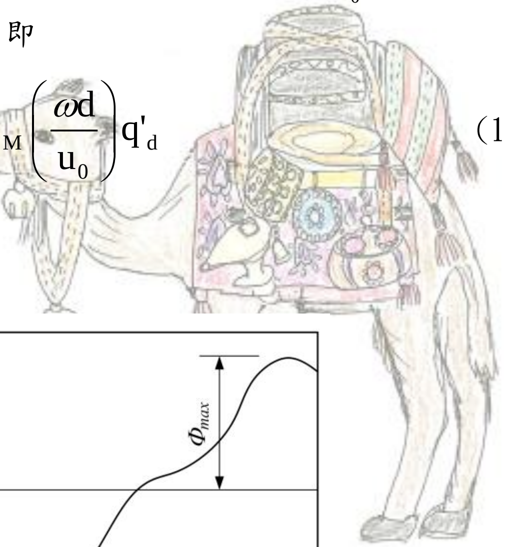
$$\frac{d}{\delta} = \left(\frac{u_0 d}{\nu}\right)\left(\frac{u_0\delta}{\nu}\right)^{-1} \quad (11)$$

$$\frac{\omega d}{u_0} = \left(\frac{u_0 d}{\nu}\right)\left(\frac{u_0\delta}{\nu}\right)^{-2} \quad (12)$$

可知Φ_{max}為$u_0 d/\nu$及$u_0\delta/\nu$的函數。

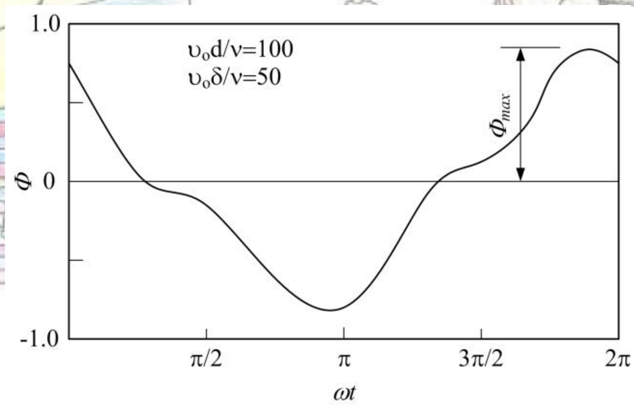
堀川、渡邊認為$d/\delta \leqq 4.6$的底面可視為光滑面，Collins 以$u_0\delta/\nu<113$為層流邊界層條件。因此在此條件下，(11)及(12)式成立。下圖為$u_0\delta/\nu=50$，$u_0 d/\nu=100$時，(10)式右邊的絕對值，即





$$\Phi=\frac{3}{4}C_D\,q_d\left|q_d\right|+C_M\left(\frac{\omega d}{u_0}\right)q'_d \qquad (13)$$

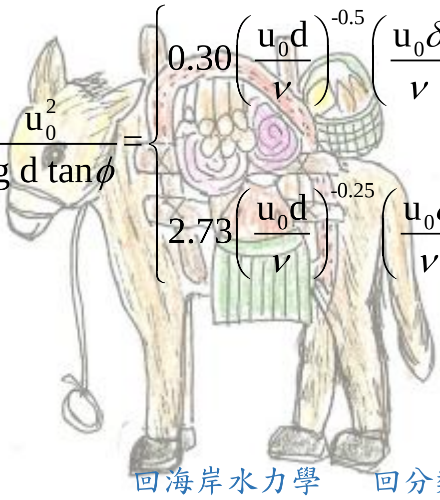
在 1 週期的時間變化。



Φ 的時間變化(堀川，1966)

Komar．Miller 利用邊界層理論及實驗結果，得下列臨界移動值

$$\frac{u_0^2}{s\,g\,d\tan\phi}=\begin{cases}0.30\left(\dfrac{u_0 d}{\nu}\right)^{-0.5}\left(\dfrac{u_0\delta}{\nu}\right) & d\le 0.5\mathrm{mm}\\[2ex] 2.73\left(\dfrac{u_0 d}{\nu}\right)^{-0.25}\left(\dfrac{u_0\delta}{\nu}\right)^{0.5} & d>0.5\mathrm{mm}\end{cases}$$



回海岸水力學　回分類索引　回海洋工作站

載滿貨品的驢子　阿拉丁神燈