

## 小口徑圓柱正向壓力 (Morison 公式)

作用於小口徑圓柱正向壓力計算方法，除可將壓力分布對圓周加以積分而得外，Morison 將因波動引起流體力分成受結構物背後渦引起抗力  $dF_D$ ，及因壓力梯度引起的力、與因圓柱存在導致圓柱周圍流體產生加速度引起的質量力  $dF_I$  之和等 2 部分表示，稱為 Morison 公式，只適用於  $D < 0.2L$  的小口徑圓柱。

$$dF_T = dF_D + dF_I$$

$$dF_D = C_D \rho \frac{|u|}{2} u D dz$$

$$dF_I = C_M \rho \frac{\pi D^2}{4} \frac{\partial u}{\partial t} dz$$

$dF_D$  係因定常流引起抗力， $C_D$  稱為抗力係數(drag coefficient)。 $dF_I$  為受壓力梯度引起的力與附加質量力的和，二者均為與加速度成正比例的力，以下式表示

$$dF_I = (C_p + C_v) \rho \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} dz$$

上式第 1 項為圓柱單位長度受壓力梯度引起的力， $C_p$  為其係數，依速度勢理論應等於 1。第 2 項為假想質量力(virtual mass force)， $C_v$  為假想質量力係數。由上式可得

$$C_M = 1 + C_v$$

$C_M$  稱為質量係數 (mass coefficient) 或慣性係數 (inertia coefficient)， $dF_I$  稱為質量力(inertia force)。對圓柱，依速度勢理論  $C_v$  等於 1，即  $C_M$  等於 2。

使用 Morison 公式時，最大問題在於如何決定  $C_D$  及  $C_M$  值，以往均利用實驗推算。波動為正弦波時， $dF_T$  為

$$dF_T = dF_D + dF_I$$

$$= \left\{ \frac{1}{2} C_D \rho D u_m^2 |\sin \sigma| \sin \sigma t + C_M \rho \frac{\pi D^2}{4} \cdot \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)_{\max} \cos \sigma t \right\} dz$$

由上式可知，當水粒子速度為最大相位時， $dF_I = 0$ ，此時依利用實測得到的正向力，可求得抗力係數  $C_D$ 。當水粒子加速度為最大相位時， $dF_D = 0$ ，可求得質量係數  $C_M$ 。

以往學者均將  $C_D$  以 **Reynold 數** 及結構物的形狀函數表示，當  $R_e$  數大 ( $R_e > 10^4$ ) 時會趨近定值，但是發現  $C_D$  值與  $R_e$  數間的關係非常分散。

Keulegan-Carpenter 認為抗力及質量力係數除受  $R_e$  數支配外，可能尚有其他因素存在，發現受 **KC 數** 影響亦很大，Sarpakaya 亦證實  $C_D$  及  $C_M$  數均受 KC 數影響，然而至目前為止，各學者得到的實驗結果並不一致。

上式， $dF_D$  及  $dF_I$  到底各對  $dF_T$  占有多少比例，值得探討。採用微小振幅波理論，令圓柱圓心在  $x = 0$ ，假定  $C_D$  及  $C_M$  不隨水深方向發生變化，則全波力可以下式表示

$$F_T = \int_{-h}^{\zeta} dF_T = \rho g \frac{C_D D}{2} \cdot \frac{a^2 kh \cos \sigma t |\cos \sigma t|}{\sinh 2kh} \left( \frac{1}{2kh} \sinh 2kh + 1 \right) - \rho g \frac{C_M \pi D^2}{4} \cdot a \sin \sigma t \tanh kh$$

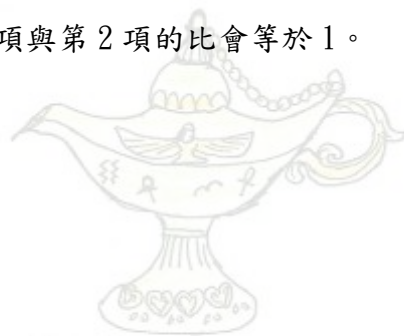
$a$  為入射波振幅。

上式中，當  $a/L \ll 1$ ，下列關係存在時，第 1 項與第 2 項的比會等於 1。

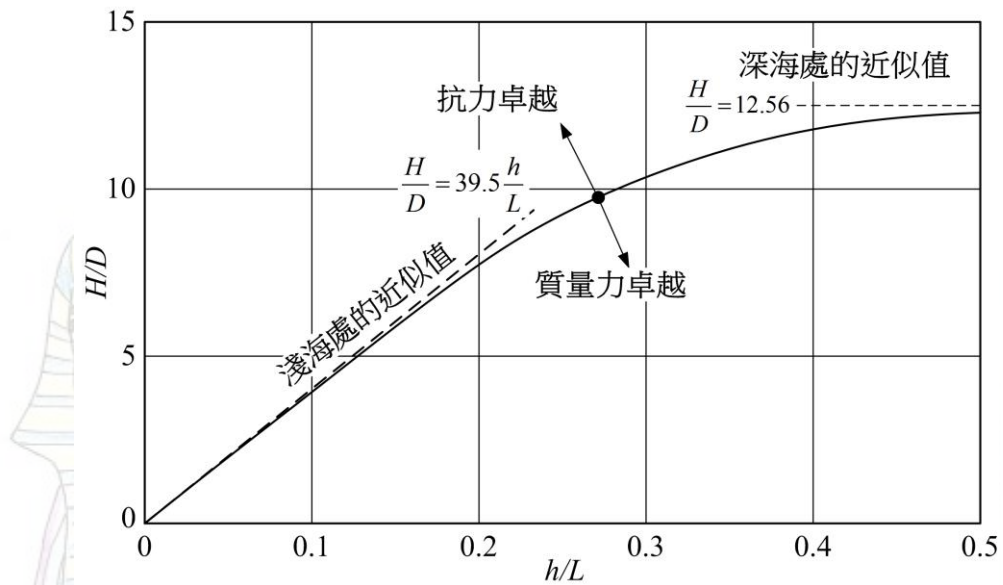
$$\frac{H}{D} = \frac{C_M}{C_D (h/L)} \cdot \frac{\sinh^2 kh}{1 + [\sinh 2kh / 2kh]}$$

但  $H = 2a$

載滿貨品的驢子



阿拉丁神燈



質量力與抗力比例(Dean, 1964)

Dean 假定  $C_D = 1$ ,  $C_M = 2$ , 為定值時, 得如上圖所示結果, 當  $h/L$  大,  $H/D$  小時, 質量力所占比例較大, 反之抗力卓越。

### 2011 埃及尼羅河之旅

[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