

II-59 リングホローゲートの振動特性に関する実験

東京大学 正員 嶋 祐之

○ 東京大学 学生員 荻原国宏

1. 基礎理論 本実験でのリングホローゲートはプルビュングリングによって支えられたバネと質量、摩擦力によって作られる振動系と考える事が出来る。

ここで座標を図-1のごとくとして考える。但し記号は

次のごとく定義づける。

Z: 任意のゲート開度でのゲートの位置

E: Zよりの振動変位 M: ゲート質量

R: 粘性減衰定数 D: 静的 Down Pull

P: 動的な Down Pull (P sin wt と考える)

±F: ゲートと壁面に働く摩擦力 (Coulomb 粘性)

+ $\frac{dE}{dt} > 0$, - $\frac{dE}{dt} < 0$

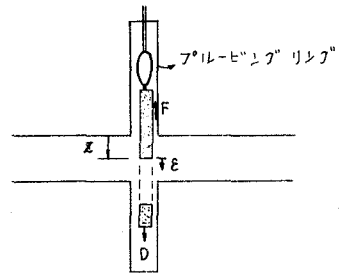


図 - 1

振動方程式は

$$M \frac{d^2 E}{dt^2} + R \frac{dE}{dt} + kE \pm F = \frac{\partial D}{\partial Z} E + P \sin wt \quad (1)$$

ここで $R/M = 2r$, $(k - \frac{\partial D}{\partial Z}) \times \frac{1}{M} = n^2$, $P/M = P$ とおき、又摩擦力 F は等価粘性の考え方を
使って粘性減衰に置換すれば $R_2 = 4F/\pi a w$ (2)

$R_2/M = 2r_2$, $Z(r_1 + r_2) = 2r$ とおくと次の標準型の振動方程式が導かれる。

$$\frac{d^2 E}{dt^2} + 2r \frac{dE}{dt} + n^2 E = P \sin wt \quad (3)$$

この時の動的な Down Pull P と振中 a との関係は

$$a = \frac{P}{n^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left\{1 - \left(\frac{w}{n}\right)^2\right\}^2 + \left\{\frac{2rw}{n^2}\right\}^2}} \quad \text{で与えられる。これを P につりて書きなおすと}$$

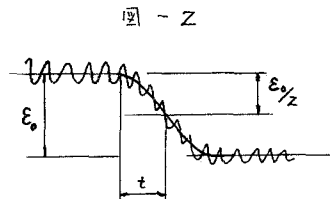
$$P = a \left(k - \frac{\partial D}{\partial Z}\right) \sqrt{\left\{1 - \frac{Mw^2}{k - \frac{\partial D}{\partial Z}}\right\}^2 + \left\{\frac{wR}{k - \frac{\partial D}{\partial Z}}\right\}^2} \quad (4)$$

となる。又共振時では(4)式は簡単になる。r が m に比べて大きい場合にも同一の式が成り
立つ

$$P = 2M \cdot r \cdot w a = R w a \quad (5)$$

又(3)の式で振動時の動的 Down Pull が DP の変化をした場合

には(3)式で DP による変位と P sin wt による変位が加え合はされた型の変位となると考えられる。DP によるものは図-2
の振動中立軸の変位と考えられる。本実験のものは図-2
のごとく過減衰の状態である。このときの解は



$$E = E_0 e^{-\frac{n^2}{2r} t} \quad (\text{但し } r \gg m) \quad (6)$$

2. 実験結果

本年の実験に使用したプル・ビングリップのバネ定数は $k = 56.9 \text{ kg/cm}$ である。このリングの内外に各一枚づつの Strain Gauge を貼付けて静的には力計、動的には変位計として測定した。実験装置は昨年来のものである。又水中での自由振動実験よりこの振動系の固有振動周期は 0.0395 sec (25.3 cycle)、付加質量を考えた質量 2.24 kg 、 $\eta = 15.65$ 、 $\tau = 0.38 \text{ sec}$ であった。ゲートを流水中にセットした時の静的 Down Pull と摩擦力は図-3 図-4 に示すとおり、D はゲート開度 q で $\frac{20}{100}$ の付号が変っている。このことはゲート開度 q 以上ではバネを弱くするように D が働いていると考えられる。

振動測定結果より振動

は非常にランダムな現象を示しているのこの処理には、現象4秒間の資料より平均振中振中の標準偏差、最大振中等を求めた。平均振中は図-5のごとくなる。この傾向は摩擦力の開度が増加するに

したがって小さくなっている事。又開度 q 以上ではバネ定数が小となっている事からと理解できる。次に平均振中 $\bar{a}$ の値を傾 $F(x)$ より等価粘性係数を求め(4),(5)式より動的 Down Pull を求めると、その値は D の値よりも大きくなる。これは振動時に働く摩擦力と静的な摩擦力を同一にしたためと考えられる。そこでゲートをセットした状態でゲートに $4P$ の力を与えて図-2に相当する変位記録を求めて、 ε_0 より $\varepsilon_{1/2}$ までの時間より(6)式を使って τ を求めた。この τ が主として摩擦力のような傾向の拘束性を示すものと考えた。 τ はゲート開度 q で $\tau = 3.03 \times 10^{-3} \text{ sec}$ である。これらの値を使って共振時の動的 Down Pull を求めると図-6のごとくなる。これよりわかるごとく静的 Down Pull と動的 Down Pull の傾向は似ている。そこで動的 Down Pull P と静的 Down Pull の比 P/D は図-7のごとくなりその大きさは10%~30%程度の値を示している。図中実線は空気孔全閉、破線は空気孔全開を表はす。

