

流体力による内柱の振動特性について

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
京都大学大学院 学員 山 正 人

橋梁の中に設置された土木構造物に作用する流体力については従来より多くの研究が行われており、流体力による構造物の振動現象についてはいくつかの問題点が残されている。たとえば、潮水路橋梁においては橋梁の特性が鉛直方向に変化しているため、内柱のよう単純な形状の構造物においても流体力による振動性状は固定端と上端にある場合と下端にある場合とでは大きく異なる。したがって、橋梁と内柱との結合を考慮し、従来の取り扱いは上端固定内柱のみを用いることが多く、実際現象との相応性により疑問点が多い。本研究においては、上端固定および下端固定の二種の内柱を用いて、孤立内柱が潮水路橋梁に設置された場合の振動性状を実験的に究明するとともに、内柱群すなわち数本の内柱が同時に設置された場合の相互干渉効果について明らかにしようとするものである。

1. 実験装置および方法：実験水路は、長さ50cm、幅50cm、深さ33cmの合成樹脂製直線水路であり、路床こう配はほぼ水平に設定されている。実験用内柱としては弾性係数が $\nu=0.4$ 程度の履歴特性よりポリカーボネイト樹脂(弾性係数 $E \approx 30,000 \text{ kg/cm}^2$, $\rho \approx 1.2 \times 10^3 \text{ kg/cm}^3$)の長さ33cm、直径1cmのものを用いた。内柱の振動計測装置は、内柱の固定端より2cmの位置に接着されたストレーンゲージによりひずみ量を取り出し、磁気テープレコーダーにより記録されるようにした。内柱群の相互干渉効果については、図-1に示されるように、横方向に1、横方向に2本の位置に設置された2本の直接用内柱による側定用内柱の振動特性への効果と、種々の l および r について実験的に明らかにする。なお、 $r=l=0$ は孤立内柱の場合、 $r=0$ は横方向に1本の直接用内柱が設置されている場合を意味する。本研究においては、水路下流端に設置された水深調節用セマにより水深を30cmに保ち、3種の流量についての実験を行った。このときの水利条件を表-1に示す。

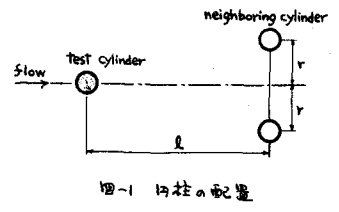


図-1 内柱の配置

	流量 Q kg/s	水深 h cm	水速 U cm/s	R_d 数 $\frac{U}{\nu}$	Fr 数 $\frac{U}{\sqrt{g h}}$
1-2	34.5	30.0	11.6	8.71	0.212
2	46.2	30.0	11.6	8.71	0.180
3	35.7	30.0	11.6	8.71	0.139

表-1 水利条件

2. 実験結果および考察：図-2は $R_d=8.71 \times 10^4$ の場合の水路中央部における鉛直方向の平均流速分布を示したものである。路床近傍を除いて平均流速こう配はほぼ小さいことがわかる。空中および水深30cmの静水中における自由振動実験より求めた振動側定用内柱の固有振動数および減衰係数の測定結果を表-2に示す。これらの値より明らかに、空中の場合と水中の場合との違いは固定端の位置によるものであり、これは水深に比べ内柱の長さの方が大きい水の粘

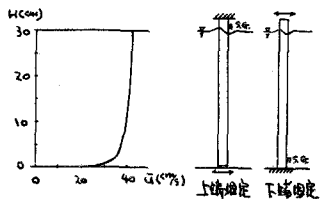


図-2 平均流速分布および U - h 分布

内柱の種別	固有振動数 f_n		減衰係数 α	
	空中	水中	空中	水中
上端固定内柱	19.3 cps	14.2 cps	1.25 sec ⁻¹	2.60 sec ⁻¹
下端固定内柱	20.1	14.5	1.70	2.32

表-2 固定内柱の固有振動数および減衰係数

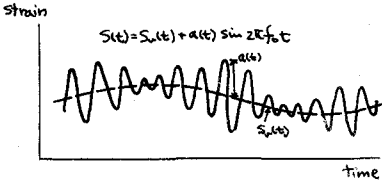


図-3 孤立内柱の流れ方向のひずみ量

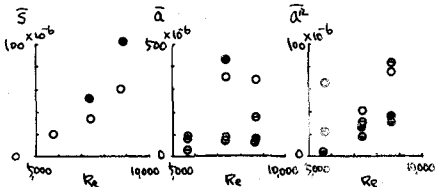


図-4 孤立内柱の振動特性 (○ USD, ● USL, ○ LSD, ● LSL)

性による減衰力の作用点と固定点との距離の相違によるものと考えられる。図-3は孤立内柱の流れ方向のひずみ量測定例を示したものであるが、これより時間ごとにおけるひずみ量 $S(t)$ は概略的に長周期の変動成分 $S_u(t)$ と卓越周振動成分 $a(t) \sin 2\pi f_n t$ の2種の成分に分けることができ、73%のように表わされることとなる。

$$S(t) = S_u(t) + S_a(t), \quad S_a(t) = a(t) \sin 2\pi f_n t, \quad \bar{S}(t) = \bar{S}_u(t), \quad \bar{S}_a(t) = 0$$

本実験においては、上端固定内柱の流れ方向 (USD) および横方向 (USL)、下端固定内柱の流れ方向 (LSD) および横方向 (LSL) の4種のひずみ量の測定を行った。孤立内柱に対する3種の流況条件における α , $\bar{a}$ の測定結果を図-4に示す。図-4に見られるように、平均ひずみ量は Re 数とともに大きくなるが、種別距離動の振動の時間的変化を表わす $\bar{a}$ および $\bar{a}^2$ は Re 数とともに大きくなるとは限らない。また、 $\bar{a}$ に比べ $\bar{a}^2$ はかなり大きく、流体力の動的性状の複雑さを示すものであり、今後さらに詳細な研究を要するものと考えられる。また、内柱群における内柱の相對位置による干渉効果の変化を明らかにするため、各種の相對位置における孤立内柱の場合における $\bar{a}/\bar{a}_{n=0}$ との比を図-5に示したが、上端固定内柱の流れ方向の $\bar{a}/\bar{a}_{n=0}$ は近接内柱が上流側にある場合1より小さくなるのに対し、下流側にある場合には1より若干大きくなる傾向があり、また、上端固定内柱の横方向および下端固定内柱の流れ方向および横方向の $\bar{a}/\bar{a}_{n=0}$ はさらに複雑に変化することとなる。なお、流れ方向の振動における卓越振動数は固有振動数に近い値を示すのに対し、横方向の振動における卓越振動数は内柱の相對位置によってかなり大きく変化する。孤立内柱の場合にはある Re 数では Strouhal 数が従来の測定結果と同じく約 0.20 となることとなるが、長周期成分 $S_u(t)$ の特性については今後研究を進めて行く予定である。

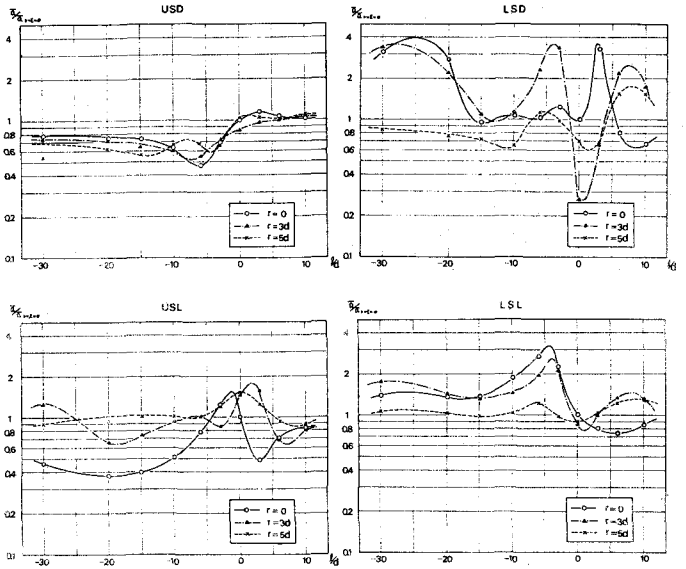


図-5 内柱群における相互干渉効果