

流れの中に係留されたスパー型ブイの自動振動

大阪市立大学工学部 正員 小田 一 紀

1. 研究の目的

航路浮標や海象観測ステーションとして長円筒型の、いわゆるスパー型ブイが用いられる機会が増えてきた。この形式のブイが流れの中に係留されたときに流れと直角方向に規則的で激しい振動を生じることがある（以後これを異常振動と呼ぶ）。ブイの動揺特性次第ではかなり頻繁にこの振動が生じ、航路標識や海象観測としての機能を損うと共に保守作業や維持管理上好ましくない問題を引き起す。本研究においては模型実験によってスパー型ブイの異常振動の原因を究明し、併わせて防振法の1つとして十字型板ダンパーの防振効果を調べる。

2. 方針と経過

ブイ模型の幾何学的縮尺は1/40とし、重量、重心位置および係留条件をFroude則を用いて実物に相似にした。この模型を基本モデル（図-1）として、静水中における卓越振動モードとその固有周期を把握した。またブイの運動方程式から固有周期を求める近似式を導き、実験値と比較してその妥当性を調べた。次いで開水路流れの中でブイの振動周波数と振幅を加速度計によって計測し、流速を変化させてそれらとの関係を調べた。さらに参考のためにフロート位置、ロープ長を変えてその固有周期を変化させ、基本モデルと同じようにして流れの中での振動周波数と振幅を計測し、流速との関係を求め、基本モデルの実験結果と合わせて異常振動の発生原因を考察した。最後に十字型板ダンパーの寸法を変えてその防振効果を調べた。

3. 結果

静水中における自由振動試験から振動モードとして周期の最も短かい重心周りの回転運動と周期の長いアンカー一点周りの回転運動の2種類のものが見出された。しかし流れの中での振動の観察から異常振動は重心周りの回転運動が卓越することが明らかとなった。またブイの運動方程式から導いた重心周りの横揺れ固有周期の算定式

$$T_r = 2\pi \left[\frac{l}{g} \left\{ \alpha_0 \sin \theta_0 \frac{g}{l} + \alpha \frac{g_0}{l} \left(1 + \frac{g_0}{l} \frac{l}{r} \right) \right\} \right]^{1/2} \quad (1)$$

から求めた計算値は実験によく一致することが証明できた。(1)式において、 l :ブイ全長、 g :重力加速度、 θ_0 :重心周りのブイの慣動半径、 r :付加質量によるブイ重心周

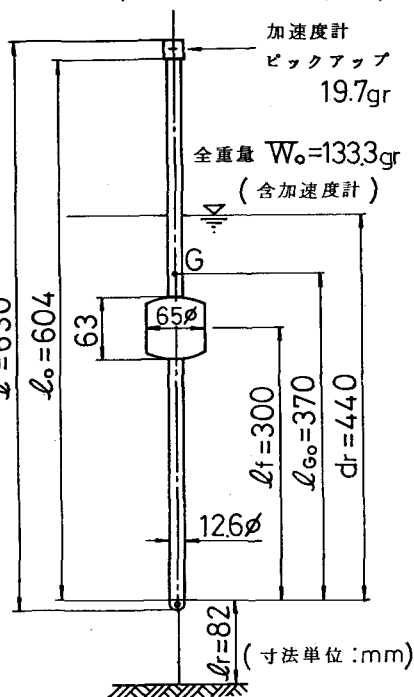


図-1 基本モデルの寸法

ODA KAZUKI

りの慣動半径, α_0 : 付加質量 M_0 とブイ質量 M の比, $\alpha_0 = \Delta/W$, Δ : 浮力, W : ブイの全重量, θ_0 : ブイの傾斜角, GM : 重心 G から傾心 M までの距離, $\alpha = T_0/W$, T_0 : 張力, l_{00} : ブイ下端からブイ重心までの距離, l : ロープ長。

基本モデルのブイが流れによって生じられる振動数と振幅(調和振動と仮定して加速度振幅と振動角速度から求める)を調べた結果を図-2に示す。図-2によると流れの中に係留されブイは流速の小さい間はrollはほとんど生じないが、流速が約18 cm/sec程度から急激に振幅が大きくなり約22~28 cm/sec程度の範囲で最大振幅を示し、顕著な異常振動が見ら

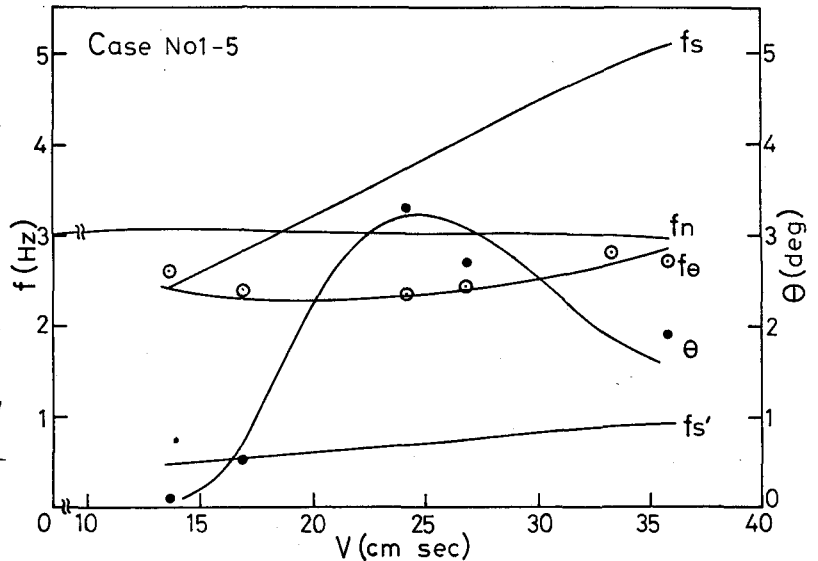


図-2 基本モデルブイの振動数と振幅

れる。一方振動数はブイの内筒部に対する渦発生周波数 f_s およびフロート部の渦発生周波数 f_s' のいずれにも一致せず、むしろブイの固有振動数 f_n に近い振動数を示し、且つ緩やかな増大傾向が見られる。他のケースの実験結果もほぼ同様な傾向を示した。これらの実験を通じて共通して言えることは、異常振動が生じているときの振動波形は振幅および周期ともほとんど一定で、非常に規則的な波形を示すが、異常振動しないときの振動波形は振幅がかなり不規則である。

以上の実験結果からブイの異常振動の原因として次のようなことが考えられる。円柱が振動すると渦の発生周波数は固定円柱に対するものとは異なったものになると考えられる。一種の弾性体である係留されたスパーブイと渦を含むブイ周囲の流体とが互いに相互干渉を生じ、スパーブイの固有振動数並に渦の発生周波数がそれぞれ干渉し合わないで有していた値よりも減少すると考える。このように考えると固有振動数と渦の発生周波数とが一致ないしはかなり接近し、共振現象を生じるものと考えられる。これは一種の自励振動である。このような相互干渉を理論的に、定量的に取扱うことは非常に難しい問題であるが W.D. Iwan and R.D. Blevins⁽¹⁾ が相互干渉の非線型モデルを提案しているが定量的な一致にはまだ到達していない。

今回のブイの異常振動は結局渦の発生によって生じているのでブイの振動を止めるには内筒部背後に splitter plate 等をつけることも一方法であるが、実験の結果ブイ下端に十字型板アンバーを用いるのが最も簡単且効果的であった。

(1) W.D. Iwan and R.D. Blevins: A Model for Vortex Induced Oscillation of Structures, J.A.M., Trans. of the ASME, Sep. 1974, pp. 581-586