

九州大学応用力学研究所 正員 溝田 武人

九州大学応用力学研究所 正員 岡島 厚

九州大学応用力学研究所 正員 中村 泰治

1. まえがき

著者は先に種々の無次元流速と加振振幅で一様流に対して直角方向に振動する断面比 $D/H=1.0, 2.0$ 角柱のまわりの非定常流れ等および角柱表面に作用する圧力を求めて、後流渦との共振流速域およびそれ以下の低流速域における流れと流体力の相関に注目し、空力弾性的不安定現象に関する考察を行った。本報告では、これらの各々の流速域における流れと流体力との対応関係のうち、角柱の加振振幅の変化に対する影響を調べる。そのために、加振振幅を比較的大きくし、角柱が空力弾的に安定となる範囲を含めて、実験を行った。特に低流速域においては角柱振動に伴う流れの変化として再付着の発生及びその再付着点の位相変化を考察する。

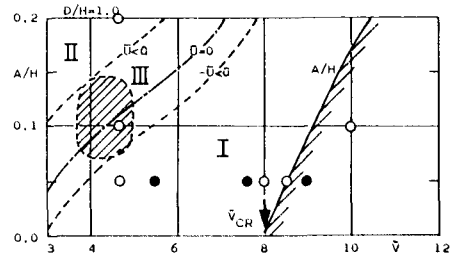
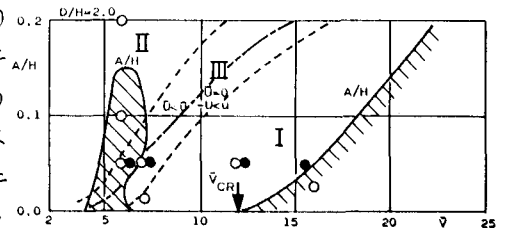
2. 実験装置および実験条件

使用した風洞等は文献(1)に記した。供試角柱の断面比は $D/H=1.0, 2.0$ 、いずれも一様流中で静止させている場合には前後で剥離した流れは角柱上下面で再付着しない完全剥離型角柱である。ここで D は流れ方向長さ、 H は高さである。 $D/H=1.0$ 角柱では $D \times H=150 \times 150 \text{ mm}$, $75 \times 75 \text{ mm}$, $D/H=2.0$ 角柱では $D \times H=300 \times 150 \text{ mm}$, $150 \times 75 \text{ mm}$ の各々2種類の寸法の模型を利用した。角柱の振動変位を $Y(t)=A/H \cdot \cos 2\pi F_f t$ と表わす。 A/H は加振振幅比、 F_f が加振振動数である。一様流速を $U_\infty \text{ m/sec}$ として、無次元流速を $\bar{V}=U_\infty/F_f H$ と表わす。実験レイノルズ数は、 $Re=U_\infty H/\nu=(2 \sim 7) \times 10^4$ である。流速の測定にはタネム型プローブを使用した。

3. 実験結果および考察

(3-1) バネ支持模型による応答振幅および低流速域における流れの再付着の発生

図-1(a)(b)には良く知られた一様流中でバネ支持された角柱の応答振幅特性を示す。 $D/H=1.0$ 角柱の $\bar{V}=4$ 付近にも、 $A/H=0.075 \sim 0.15$ に弱い不安定領域がある。この種の完全剥離型角柱でも後流渦との共振流速域 $\bar{V}_{CR}$ に対して、さらに低流速域では流れの波長は次第に短くなり、図-1(a)(b)に一点鎖線で示すように角柱上下面後縁から時間平均的に流れの再付着が発生する。まず角柱の振動変位 $Y(t)$ に対し流速変化を $u(t)=\bar{U}+\hat{u} \cos 2\pi F_f t + \phi$ と表わす。ここで $\bar{U}$ は時間平均流速で、 $\hat{u}$ が周波数応答成分の振幅、 ϕ はその位相である。図中一点鎖線が角柱後縁で $\bar{U}=0$ となる時間平均的な再付着の発生限界線、その左右の点線の間の領域Ⅲでは後縁で $|\bar{U}| \leq \hat{u}$ となり振動中再付着点が後縁から離れこしまう瞬間がある。領域Ⅱでは再付着点は常に角柱上下面上にあって振動しており、 $\bar{V}$ の低下や A/H の増加により、それらの点は次第に前後側へと移動する。領域Ⅰでは時間平均的にも非定常的にもほぼ再付着しない。このように、再付着の発生に見られる如く角柱の振動に伴い、流れは大きく変化していることが判ったが、断面比の大きい $D/H \geq 3.0$ 以上の角柱では、静止時にすでに再付着流れとなっており

図-1(a) $D/H=1.0$, $\bar{V} \sim A/H$ の関係と再付着の発生図-1(b) $D/H=2.0$, $\bar{V} \sim A/H$ の関係と再付着の発生

(3-2) 渦励振域における流速の位相変化の振幅依存性

まず、図-1のIの領域の ∇ 付近で発生する渦励振現象に関し^{(1),(2),(3)}て、すでに前論文で、わずかな ∇ の変化に伴って循環流の発生、位相が急変することを指摘した。さらに同一の ∇ で角柱の加振振幅 A/H の変化に対する流速の位相 ϕ_u の変化を調べた結果を図-2(a)(b)に示す。両図は $Y=0.75$ に沿う ϕ_u の X 方向変化を表わす。両角柱共に一定の A/H で安定域から不安定域へと ∇ を変化させると ϕ_u は流れ場全域で大きな位相変化を示したが、本図で示すように同一の ∇ で A/H を不安定域から安定域へと変化させても、同様に流れ場全域で ϕ_u は大きく位相変化することが明らかとなった。

(3-3) 低流速域における流速の位相変化の振幅依存性

一、低流速域においては、一定の A/H でわずかな ∇ の低下によって ϕ_u は全域として変化するが、さらに後縁での再付着の影響⁽¹⁾が加わり、 ϕ_u は後縁近くで局所的な変化を示した。そこで、次に図-3(a)(b)には ∇ を一定として A/H を変化させた場合の ϕ_u の X 方向変化を調べた結果を示す。両角柱共に角柱後流域において ϕ_u の A/H による依存性はほとんど認められぬ。しかし、角柱の後縁近くを含めて角柱近傍では、 ϕ_u に A/H の依存性が強く現われる。

(3-4) 低流速域におけるフローパターンの変化の振幅依存性

最後に、振動角柱上面の非常に近く $Y=0.55$ ($Y=0.5$ が角柱上表面)に沿う流速分布の測定に基づき流れの再付着点を求め、振動角柱まわりの瞬時的なフローパターンを示す。まず $D/H=1.0$ 角柱の、 $A/H=0.12$ では瞬時的な再付着点の動きと揚力の位相は良く対応して、角柱には空力弾性的に不安定となる揚力が作用することを説明できた⁽¹⁾。 $A/H=0.2$ では、図-4(a)のように角柱が今下方へ振動中に下面側で再付着点はより前方にあり、その点以後の表面圧力の回復傾向により安定化の揚力が作用している。次に、 $D/H=2.0$ 角柱の(b) $A/H=0.10$ では、下面より上面の再付着点より前縁側にあり、上面後縁側の圧力回復が著しく、揚力がこの瞬間下方へ作用して励振力となっている。しかし(c) $A/H=0.2$ では、(a)の $D/H=1.0$ 、 $A/H=0.2$ と同様に、下面側の剥離領域は振動速度の増加によりほぼ全域消失している。下面側では圧力の回復が著しく、結果として大きな減衰力が作用することになる。

4. 結論

完全剥離型角柱の渦励振および低流速励振域において、主として加振振幅の変化に伴う流れの変化の様相について説明した。

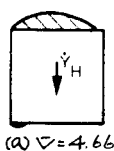
参考文献

1)土木学会論文報告集第327号

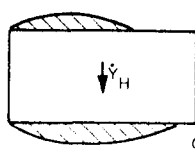
1982年11月pp49~60.

2)第5回橋梁物の振動性シンポジウム

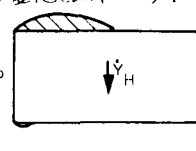
4.1978年, 3)ASCE, Vol.101, No. EH6, pp35, 1975



(a) $\nabla=4.66$



(b) $\nabla=6.0$



(c) $\nabla=6.0$

図-4 低流速域におけるフローパターンの振幅依存性

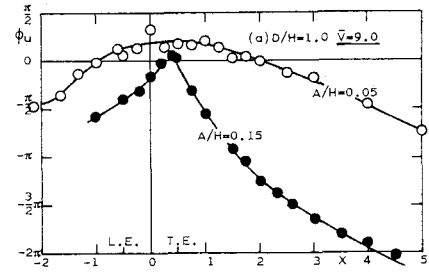


図-2(a) $Y=0.75$ に沿う流速の位相変化($D/H=1.0$)

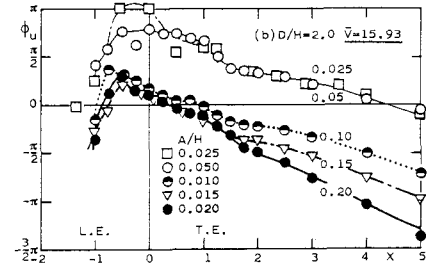


図-2(b) $Y=0.75$ に沿う流速の位相変化($D/H=2.0$)

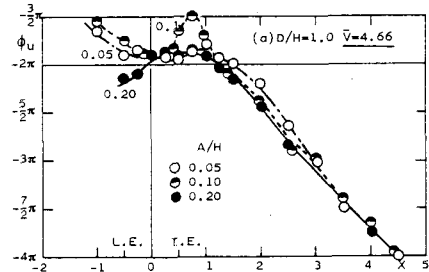


図-3(a) 低流速域における流速の位相変化($D/H=1.0$, $Y=0.75$)

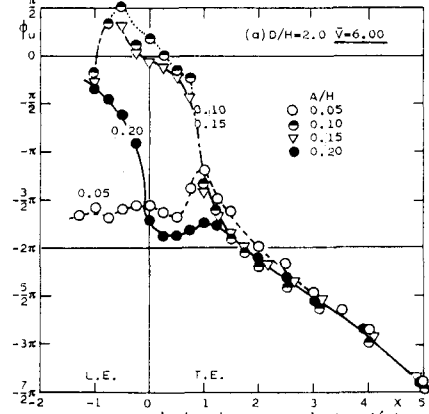


図-3(b) 低流速域における流速の位相変化($D/H=2.0$, $Y=0.75$)