

箱形断面構造物の空力応答特性に関する基礎的考察

西島工科大学 正 員 宇都宮英彦
新日本技研 (株) 正 員 橋本 孝夫
西島工科大学 学生員 安田 幸登

1 まえがき

一様な風洞気流中に断面比 1:1, 1:2, 1:4 の断面と有する箱形断面模型をみき、迎角をつけることによる, Strouhal 数, 応答特性の変化を調べた。また, 後流の流速変動を測定し, 煙風洞を用いて流線の観察 (flow visualization) を行ない, 応答と対応を試みた。つぎに, 格子乱流を用いて乱流の強さをパラメータとして, 乱流が応答におよぼす影響を調べたのでその結果について述べる。

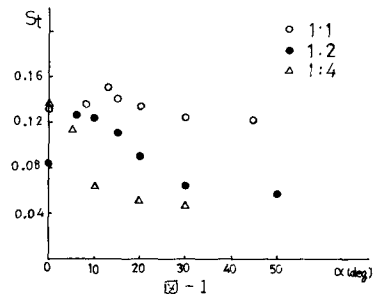
2 迎角と Strouhal 数

1:1 断面; $5^{\text{cm}} \times 5^{\text{cm}} \times 35^{\text{cm}}$, 1:2 断面; $5^{\text{cm}} \times 10^{\text{cm}} \times 35^{\text{cm}}$, 1:4 断面; $5^{\text{cm}} \times 20^{\text{cm}} \times 35^{\text{cm}}$ の各模型を風洞測定部には中央に設置し, 迎角 (α deg.) を変化させ, 熱線風速計で後流の流速変動を測定し, スペクトル解析を行ない渦の発生周波数 (f_v) を求め, 次式で Strouhal 数 (St) を計算した結果を図-1 に示す。

$$St = f_v h / U$$

ただし, h : 模型代表長 (5cm), U : 平均風速

1:1, 1:2 断面では, 前縁からはくり出したせん断層が模型側面に再付着する迎角 (約 $13^\circ, 7^\circ$) で Strouhal 数がピークを示す。1:4 断面では, 迎角 0° で再付着する断面であり迎角 α の増加に伴い Strouhal 数は減少しているが, 上式 α が迎角の増加に伴い変化する場合が多いことを考えると, 図に示したほど Strouhal 数の減少は白いと思われる。

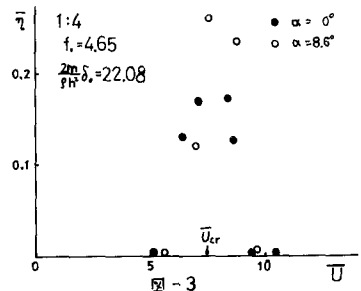
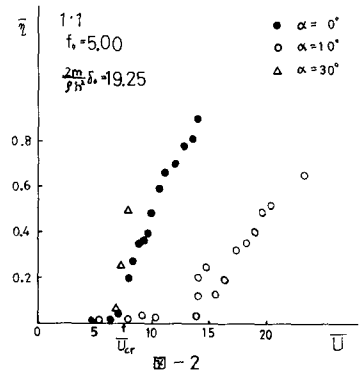


3. 迎角と応答特性

上記静止模型とは同じ位置に, 1:1 断面; $5^{\text{cm}} \times 5^{\text{cm}} \times 58^{\text{cm}}$, 1:2 断面 $5^{\text{cm}} \times 10^{\text{cm}} \times 58^{\text{cm}}$, 1:4 断面; $5^{\text{cm}} \times 20^{\text{cm}} \times 58^{\text{cm}}$ の各模型を 2 本のロッドで支持し, 迎角を変えて, ためめ 1 自由度実験を行なった。図-2 に 1:1 断面, 図-3 に 1:4 断面の応答曲線と, 縦軸に換算振幅 $\bar{z}$ ($=z/h$, z : 振動振幅) 横軸に換算風速 $\bar{U}$ ($=U/fh$, f : 系の振動数) をとって示した。

1:1 断面; 迎角 0° では, 渦との共振風速 $\bar{U}_r (=1/St)$ 付近から共振し, 風琴振動の限定振動は認められず, 連続的な応答を示す galloping 振動へと移行している。迎角 10° では, $\bar{U}_r$ 付近で微小振幅ながら風琴振動が発現し, 迎角 0° より少し高い風速で galloping 振動が発現している。その後, 迎角の増加に伴い galloping 振動は消滅し, $\bar{U}_r$ 付近に風琴振動が現われ, 迎角 30° では顕著な応答ピークを示している。1:2 断面では, 2 つの不安定領域が存在したため, 迎角の変化に伴う応答の変化は, 1:1 断面とはほぼ同じ傾向を示し, 迎角 14° 以上で galloping 振動は消滅した。

1:4 断面; $\bar{U}_r$ より低い風速域で風琴振動が発現し, 実験範囲内では迎角の増加に伴い応答ピークは, (たんに大きくなる, ため。 $\bar{U}_r$ は, 図-1 で求めたものであり, 風琴振動域と α については, 2. で述べた理由によるものであると思われる。



4 後流変動と flow visualization

振動模型後方の流速変動と熱線風速計で測定し、スペクトル解析を行う。図-4に、周波数(Hz)-実算風速で1:1断面迎角5°の結果を示す。図中○●印は、パワー・スペクトル中のオ1, オ2, オ3卓越周波数を示す。 $\bar{U} \approx 8 \sim 10$, $\bar{U} = 13 \sim 16$ でそれぞれ1次, 2次の混合同期現象¹⁾, その他の風速域では, Strouhal成分が卓越する部分同期現象¹⁾が認められる。また, 迎角10°と同様に応答振幅が減少する領域は, 混合同期領域から部分同期領域への過渡領域と考えられる。さらに, 迎角10°では3次の同期現象が認められ, galloping振動において高次の同期現象の存在が明らかとなる。

煙風洞を用いて flow visualization を行う。結果, 1:1, 1:4断面の $\bar{U}$ 付近, 1:2断面の $\frac{1}{2}\bar{U}$ 付近の風琴振動中の流れを見ることで, いずれの場合も前縁からはくりにしたセリ断層の模型側面への再付着が認められた。さらに, 1:1断面のgalloping振動においても風琴振動で存在した模型側面上の落り水といえることが認められ, 部分同期領域では, さらに発達するものと思われる。

5 乱流が応答に与える影響

模型前方の格子の位置を変えることにより, 3種類の乱流の強さ(grid A, B, C; 2%, 25%, 3%)を得た。迎角0°で, ためみぬい各1自由度実験と同一様流中実験と全く同じ種類の模型で行った。ためみぬい1自由度においては, 乱流の強さの増加に伴い応答振幅が減少する傾向を示し, 図-5に示す最も大きい断面比をもつ1:4断面においては, 乱流の強さ3%(grid C)でほとんど振動が消滅している。ぬい各1自由度においては, 1:2, 1:4両断面とも, 乱流の強さの増加に伴い, 発振風速は高くなるが, 応答振幅は, 一様流の場合とほとんど変わらない傾向を示した。図-6に1:2断面の乱流の強さ3%(grid C)の実験結果を示す。

6 おまけ

一連の迎角を変化した静止振動模型実験により, 風琴振動において, 応答風速域は, Strouhal数より決まる共振風速付近であり, 発生に関しては, 死水領域の拡大, 特に, 側面とはくりに流れの間の領域の拡大とともに, 溜の模型側面への再付着が, 重要な鍵であると思われる。galloping振動においては, 静的な分り試験は行なえなかったが, 準定常理論により説明されるものと考えられる。また, 高次の同期現象が認められた。

乱流の応答におよぼす影響としては, ためみぬい1自由度では, 乱流によるセリ断層の厚さの増加, セリ断層自体の模型側面への接近に伴う再付着の促進により²⁾, 応答振幅が減少する。ぬい各1自由度では, 発振風速は高くなるが, 応答振幅は, 一様流の場合とあまり変わらないことが実験的に確認された。

断面の関係上, 限られたデータのみを記した。詳細は, 講演当日補足したと考えている。

7. 参考文献

- 1) 日野・金子“振動干渉と後流渦の干渉”, 土木学会論文報告集 オ193号
- 2) 石崎・河井“角柱表面の風圧変動とその周囲の風速変動の相関について”, 構造物の耐風性に關するオ4 国三ニホジウム論文集 1976年

