

矩形断面の空力干渉に関する研究

京都大学大学院 学生員 ○坪田 樹
 京都大学大学院 正会員 白土博通
 三菱重工業（株） 玉置 斉

京都大学大学院 フェロー 松本 勝
 京都大学大学院 正会員 八木知己
 京都大学大学院 学生員 李 再炯

1. はじめに

長大橋梁のような巨大な構造物は、流れ場を大きく変化させ、構造断面周りには渦が発生する。この渦を要因として渦励振やフラッターなどが発現し、構造物を破壊する可能性がある。構造断面周りに発生する渦は主に、カルマン渦と一剪断層不安定性に起因する渦に分類される。これらの渦は各々、カルマン渦励振・自己励起型渦励振の要因となることが知られ、二つの渦間での空力干渉が生じる可能性が示されている[1][2]。本研究では、二つの渦間の干渉に着目し、その空力干渉のメカニズムを把握するため風洞実験及び解析を行った。

2. 対象断面

本研究で対象とした断面辺長比 $B/D=4$ 矩形断面を Fig.1 に示す。この断面は非定常剥離・非定常再付着型断面に分類され、カルマン渦と一剪断層不安定性に起因する渦が非常に近い風速域で共存することが知られ、空力干渉が起こる可能性が示唆されている。

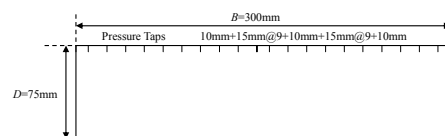


Fig.1 $B/D=4$ 矩形断面

3. $B/D=4$ 矩形断面の空力干渉

本研究では、カルマン渦と一剪断層不安定性に起因する渦との空力干渉に着目して、たわみ・ねじれ1自由度自由振動実験及び非定常圧力測定実験を行った。また、カルマン渦の影響を考慮するため、すべてのケースにおいて Splitter Plate（以下 S.P.）を後流域に設置した。

3. 1 自己励起型渦励振とカルマン渦との空力干渉

たわみ及び後流域に中心を持つねじれ1自由度自由振動実験において、Fig.2 に見られるように S.P.の有無によって、渦励振応答に差が確認された。Fig.3 に示す無次元風速 $V/f_n D=10.67$ における位相特性では、ほぼ差は見られないが、変動圧力特性は後縁部で大きな差異が見られる。ここから、カルマン渦により前縁剥離渦

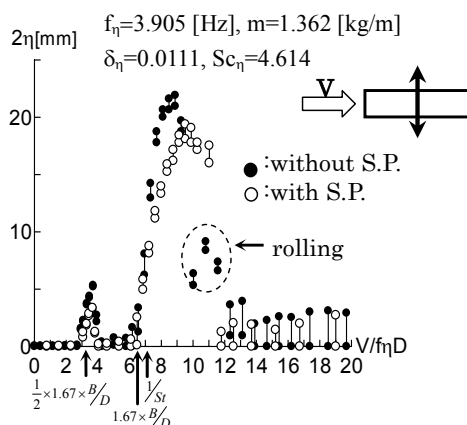


Fig.2 たわみ1自由度自由振動実験結果

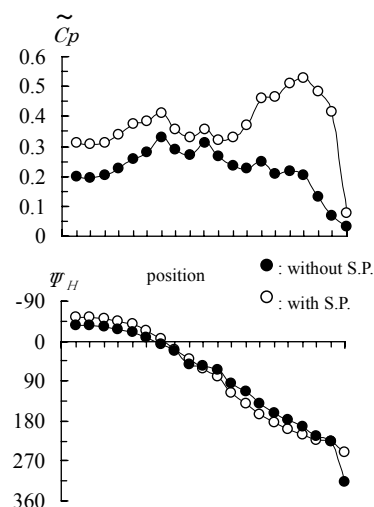


Fig.3 変動圧力特性及び位相特性
 （たわみ1自由度, $V/f_n D=10.67$ ）

の流下は妨げられないが、後縁部の圧力変動が妨げられていると考えられる。これによりカルマン渦が抑制力として働くと考えられる。

3. 2 ねじれフラッターとカルマン渦との空力干渉

Fig.4に見られる様に、断面中心をねじれ中心とするねじれ1自由度自由振動実験において、S.P.の設置により応答に大きく変化が見られた。カルマン渦励振が見られなくなり、フラッター発現無次元風速の低下が確認された。Fig.5の変動圧力特性から、たわみ1自由度と同様、カルマン渦が後縁部の圧力変動を妨げていると考えられる。位相特性から、S.P.設置時に $V/f_n D=9$ 付近で発現したねじれフラッターは渦の流下と考えられ、Fig.6の風速-応答-

キーワード 空力干渉, カルマン渦, 自己励起型渦励振, ねじれフラッター, 矩形断面

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 075-753-5093

減衰図 (V-A- δ 図) において、 $V/f\phi D=11$ 付近に渦と考えられる低減衰部が見られることから、渦主導の低風速ねじれフラッターの発現が考えられる。カルマン渦と物体振動が lock-in する場合には、渦の流下が促進されるが、逆に lock-in が外れると流下が妨げられるため、渦主導の低風速ねじれフラッターが発現しなかったと考えられる。

3. 3 ねじれフラッターと一剪断層不安定性に起因する渦との空力干渉

Fig.7に断面前縁部を中心とするねじれ1自由度自由振動実験の応答図を示す。S.P.の設置では大きな変化は見られないが、構造減衰の増加によって発散型から風速限定型の応答となった。これは構造減衰の増加により剥離バブルを励振力とするねじれフラッターの発現風速が上昇したためと考えられる。このことから本ケースで見られたねじれフラッターは、一剪断層不安定性に起因する渦から励振力を得ていると考えられる。

4. まとめ

- 1) $B/D=4$ 矩形断面において、以下の空力干渉が確認された。
 - a) 自己励起型渦励振とカルマン渦との空力干渉
 - b) ねじれフラッターとカルマン渦との空力干渉
 - c) ねじれフラッターと一剪断層不安定性に起因する渦との空力干渉
- 2) カルマン渦による空力干渉は、カルマン渦と物体振動との lock-in が強く影響していると考えられる。lock-in 時には、後縁部における渦生成・放出が安定化されるが、lock-in しない場合には、カルマン渦が前縁剥離渦の流下及び後縁部における圧力変動を妨げるにより、後縁部に抑制力が働くと考えられる。
- 3) 低風速ねじれフラッターは、一剪断層不安定性に起因する渦により励振力を得ると考えられる。

参考文献

- [1] 松本 勝, 白石成人, 白土博通: 主流方向脈動流中における Bluff Body の空力特性, 第9回風工学シンポジウム, 1986, pp175-180
- [2] M. Matsumoto, N. Shiraishi, H. Shirato, S. Stoyanoff and T. Yagi: Mechanism of, and turbulence effect on vortex-induced oscillations for bridge box girders, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 49, Issues 1-3, December 1993, pp 467-476

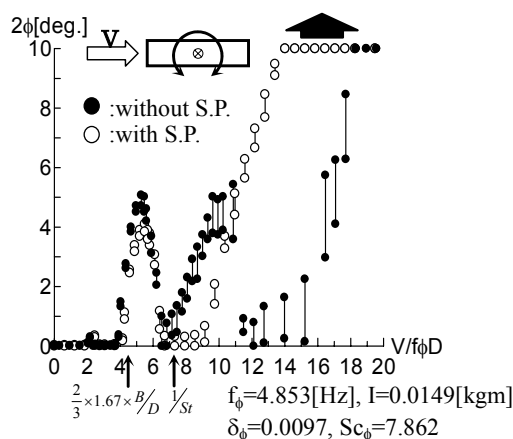


Fig.4 ねじれ1自由度自由振動実験結果
(模型中心ねじれ中心)

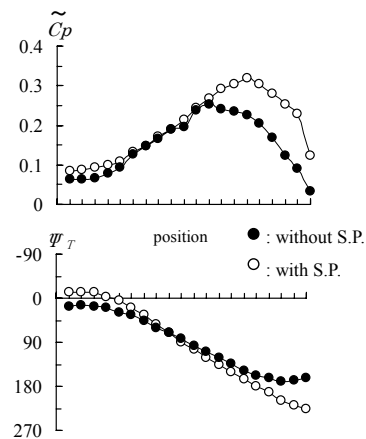


Fig.5 変動圧力特性及び位相特性
(ねじれ1自由度, $V/f\phi D=10.67$)

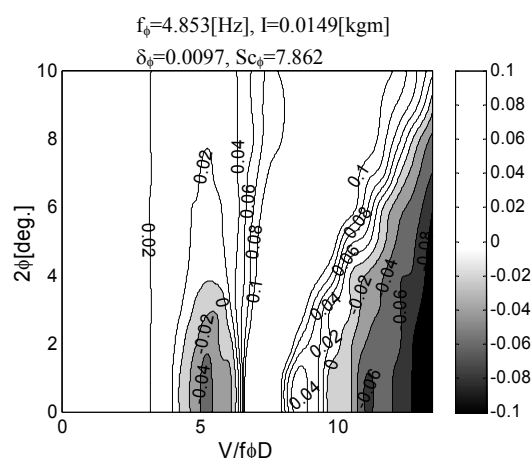


Fig.6 ねじれ1自由度自由振動実験
風速-応答-減衰図 (S.P.設置時)

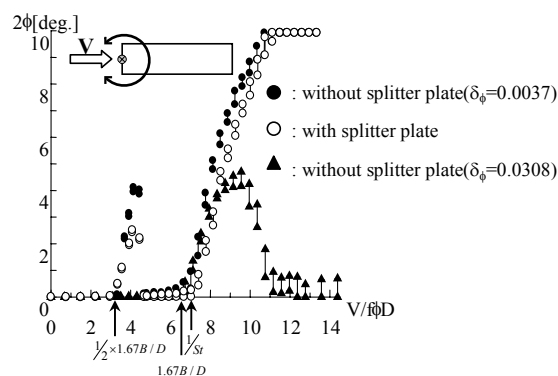


Fig.7 ねじれ1自由度自由振動実験結果
(模型前縁部ねじれ中心)