

京都大学大学院 ○学生員 坪田 樹 京都大学大学院 フェロー 松本 勝
 京都大学大学院 正会員 白土博通 京都大学大学院 正会員 八木知己
 三菱重工業(株) 玉置 斉¹⁾ 京都大学大学院 学生員 李 再炯

1)研究当時京都大学大学院

1. 序論

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の二つに分類される。これらの渦は各々、カルマン渦励振・自己励起型渦励振を引き起こすことが知られているが、既往研究から、二つの渦により単一振動内において空力的干渉が起こる可能性が示唆される[1][2]。

本研究はこのような単一振動内の空力干渉の把握及びその考察を主な目的とする。構造基本断面として非定常剥離・非定常再付着型断面に属し、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る $B/D=4$ 矩形断面を対象とした。断面前縁部からの剥離渦と後縁部における二次渦の生成の同相・逆相をねじれ中心を変化させることでコントロールし、その条件下で起こる空力干渉に関する考察を行う。

2. 対象断面

本研究で対象とした $B/D=4$ 矩形断面を Fig.1 に示す。

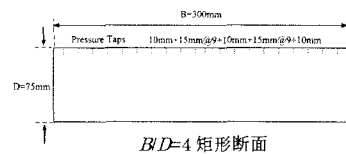


Fig.1 風洞実験模型断面図

3. $B/D=4$ 矩形断面における空力干渉

本研究においては、カルマン渦と一剪断層不安定性に起因する渦による単一振動内の空力干渉に着目し、自由振動実験・非定常圧力測定実験を行い、空力干渉の把握及び考察を行った。ねじれ 1 自由度において、空力ねじれ振動中心を模型中心(Mid-Chord)、断面前縁端(Leading Edge)、断面後流域(Wake Center)と 3 種に変化させた。以下これらの位置を MC, LE, WC と表現する。また、カルマン渦による影響を考慮するため、全てのケースで Splitter Plate(以下 S.P.と表記)を後流域に挿入した。以下本研究において確認された空力干渉及びそれらに関する考察を示す。

3.1 自己励起型渦励振とカルマン渦との空力干渉

たわみ及びねじれ中心: WC において自己励起型渦励振とカルマン渦との空力干渉による応答の変化が確認された。Fig.2, Fig.3 より渦励振応答領域に差が見られるが、位相特性ではほとんど差異は認められない。つまり前縁剥離渦の流下はカルマン渦により妨げられないと考えられる。変動圧力特性は、後縁部において大きな差が認められる。そのためカルマン渦により後縁部の圧力変動が妨げられている可能性が考えられる。以上のようにたわみ 1 自由度では、カルマン渦が後縁部の圧力変動に影響を与え、その結果渦励振応答領域に差が現れると考えられる。

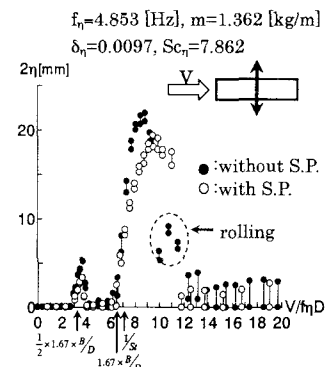


Fig.2 $B/D=4$ 矩形断面自由振動実験結果 (Heaving 1DOF)

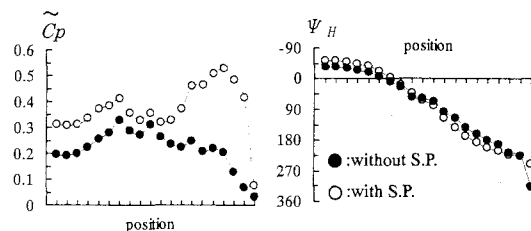


Fig.3 $B/D=4$ 矩形断面変動圧力(左),位相特性比較(右)(Heaving, $V/\eta D=10.67$)

3.2 ねじれフラッターとカルマン渦との空力干渉

Fig.4 より, S.P.の挿入によりカルマン渦励振と考えられる渦励振の消滅だけでなく, フラッター発現無次元風速の大幅な低下が確認された. Fig.5 より変動圧力は両風速とも後縁部において S.P.挿入に伴う影響が確認できる. これはたわみ 1 自由度と同様に後縁部の圧力変動が妨げられていると考えられる. 一方位相特性は両風速で異なる傾向が見られる. この傾向よりカルマン渦が振動と同調する風速域では, カルマン渦は前縁剥離渦の後縁部における流下を促進させるが, 同調風速域を外れると渦の流下を妨げる可能性が考えられる. また S.P.挿入時に $V/fD=9$ 付近より発生したねじれフラッターは, その位相特性から渦の流下が考えられる. また Fig.6 より, $V/fD=11$ 付近において渦と考えられる低減衰域が確認される. そのため, ねじれフラッターは渦主導の低風速ねじれフラッター, 剥離バブルによる高風速ねじれフラッターに分類されると考えられる. また S.P.なし時には, カルマン渦により前縁剥離渦の流下が妨げられ, 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.

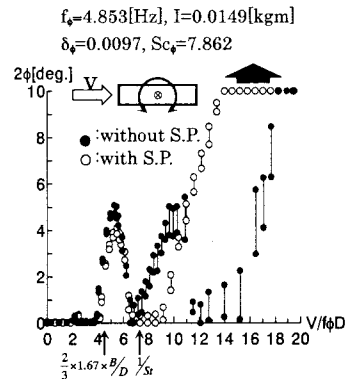


Fig.4 $B/D=4$ 矩形断面自由振動実験結果 (Torsional 1DOF)

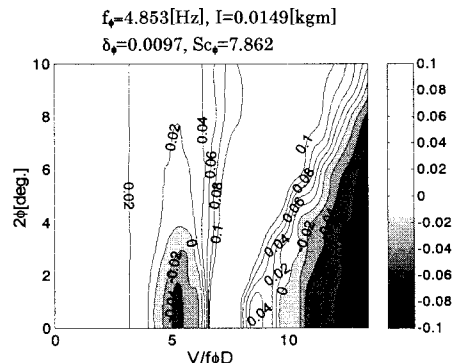


Fig.6 $B/D=4$ 矩形断面 V-A-δ 図 (Torsional 1DOF, MC)

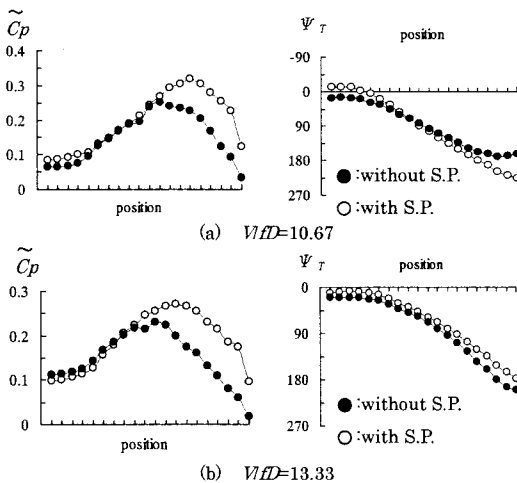


Fig.5 $B/D=4$ 矩形断面変動圧力・位相特性比較 (Torsional, MC)

4 結論

- 1) $B/D=4$ 矩形断面において, 同一振動内の空力干渉の調査を行った. その結果, 以下の干渉が確認された.
 - a) 自己励起型渦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
- 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 が要因と推測される. lock-in する場合後縁部における渦生成・放出が安定するが, lock-in しない場合で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, その結果後縁部における励振力を抑制する可能性が示唆される.

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, pp175-180.
- [2] M. Matsumoto, N. Shiraishi, H. Shirato, S. Stoyanoff and T. Yagi (1993): 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.
- [3] Scanlan, R.H., Beliveau, J.G., Budlong, K.S.(1974): Indicial Aerodynamic Functions for Bridge Decks, Jour. Eng. Mech. Division, Proc. ASCE., Vol.100, EM4.