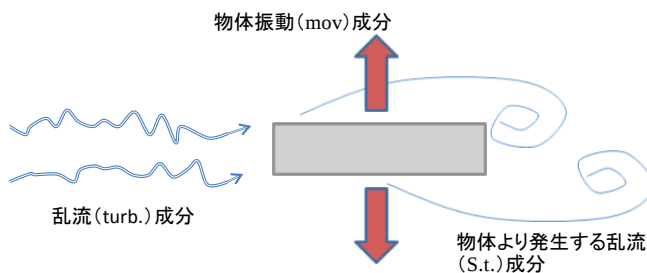


乱流中の矩形断面における自励および強制空気力の分離に関する研究

京都大学工学部地球工学科 学生会員 ○太古一貴
 京都大学大学院工学研究科 正 会 員 白土博通
 京都大学大学院工学研究科 学生会員 三次涼太
 京都大学大学院工学研究科 学生会員 木原大樹

1. まえがき

乱流中の自励空気力は、①構造物自身が形成する剥離流れや表面の境界層により生み出される乱流による空気力 (Signature turbulence, 以後 S.t. と表記する), ②接近流の乱れに起因する空気力 (以後 turb. 成分と表記する), ③構造物自身の振動に起因する空気力 (以後 mov 成分と表記する) より構成されることが考えられる. 従来のフラッター解析では, これらの空気力成分の総和が乱流中の自励空気力と呼ばれることが多いが, 実際に構造物の自励振動に寄与するのはこのうちの mov 成分のみであると考えられる. 本研究は mov 成分の抽出法について実験的に検討を加えるものである.



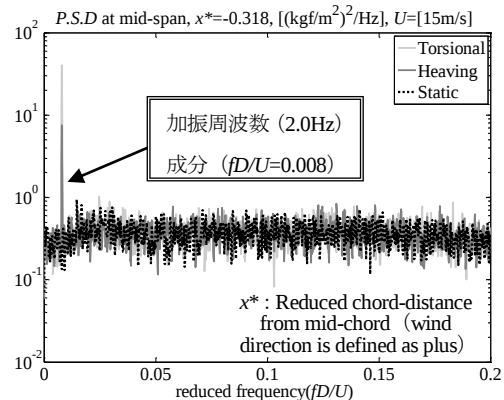
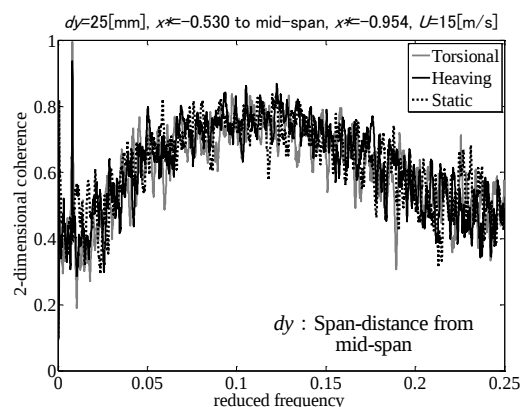
2. 風洞実験概要

本研究で使用した風洞は, 室内回流式エッフェル型風洞 (測定部高さ 1800mm, 幅員 1000mm, 長さ 6550mm) であり, 格子乱流中において, 模型 span 長 $l=890$ [mm], 断面幅 $B=300$ [mm], $B/D=5$ の矩形断面模型を対象とした模型表面圧力測定を行った. 模型は静止状態と強制加振状態とで計測を行った. たわみ 1 自由度加振は倍振幅 20[mm], ねじれ 1 自由度加振は倍振幅 2[deg], 加振振動数は 2.0[Hz] とした. 実験で用いた格子乱流について, 接近流鉛直変動風速 (w 成分) の乱れ強度は約 8.5[%], w 成分の主流方向積分スケールは約 42[mm] である.

3. 模型加振の表面変動圧力への影響

格子乱流中における模型静止時・たわみ加振時・ねじれ加振時の模型上面変動圧力のパワースペクトル密度を Fig.1 に示す. 図より, 模型加振周波数 (2.0Hz) 成分以外のパワーは上記 3 ケースともほぼ一致していることが分かる. すなわち, 模型の加振の影響はその

加振周波数成分にのみ現れ, 他の周波数成分には現れないものと考えられる. 言い換えれば, 加振周波数以外の周波数成分について, 模型静止時と加振時で S.t.+turb. 成分は不変であると言え, 加振周波数成分についてもこの関係が成立すると仮定すると, mov 成分は, 単純に模型静止時と加振時の加振周波数成分の差の部分といえる. 以降は, この差を mov 成分と定義することとする. 本研究の加振振幅条件では, mov 成分のパワーがその他の空気力成分に比べて 10^2 倍程度であり, 従来の表現での自励空気力の支配的要素となっている. さらに, span 中央断面とスパン方向に $dy=25$ [mm] 及び $dy=300$ [mm] 離れた断面の, それぞれ $x/B=0.235$ (x : 断面幅員方向の座標, 原点は断面幅の中央) におけるコヒーレンスをそれぞれ Fig.2, Fig.3 に示す. これらからも前述したように mov 成分の影響は加振周波数成分においてのみ現れることが分かる.

Fig.1 PSD of pressure on upper side surface of $B/D=5$ rectangular modelFig.2 Coherence of pressure between $dy=25$ [mm], $x^*=-0.530$ and mid-span, $x^*=-0.954$ of $B/D=5$ rectangular model

キーワード 自励空気力, 強制空気力, 自励振動, 乱流

連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 C1 棟 453 号室 TEL 075-383-3167

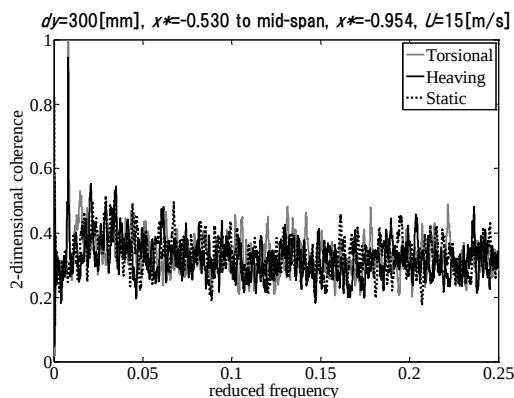


Fig.3 Coherence of pressure between $dy=300[\text{mm}]$, $x^*=-0.530$ and mid-span, $x^*=-0.954$ of $B/D=5$ rectangular model

4. mov 成分の抽出手法

前述のように mov 成分を抽出するためには模型静止時と加振時の空気力または表面圧力の差をとる必要がある。本研究では両者の時間原点を揃えるために接近流の周期変動を基準にとることとした。すなわち、模型表面圧力と同時に風速変動を計測し、風速の 2.0Hz 成分データを基準に Fig.4 に示すように模型加振時及び静止時の圧力データの時間を揃え、両者の差をとることとした。なお、圧力データ・風速データともに、デジタルバンドパスフィルターにより 2.0Hz 成分を抽出した。基準となる鉛直変動風速は模型の影響を受けず、かつ模型表面圧力との間に強い相関をもつものでなければならない。熱線流速計プローブを動かしながら鉛直変動風速のパワースペクトル及び模型表面圧力との相互相関を観察した結果、span 中央、L.E.から上流 6cm ($=D$)、模型下面より 5cm 下方の計測位置に決定した。

格子乱流中では風速及び圧力の模型加振周波数 (2.0Hz) 成分自体の強さは一定ではなく Fig5 に示すように波形の崩れ (節) が存在する。そこで、これらのデータを取り扱う際には、模型加振時及び静止時の圧力データと鉛直変動風速データがこの節と節の間に収まっている範囲を 1 つのサンプルと考え、サンプル毎に模型加振時から静止時の圧力を差し引いた後、波形のアンサンブル平均をとることとした。

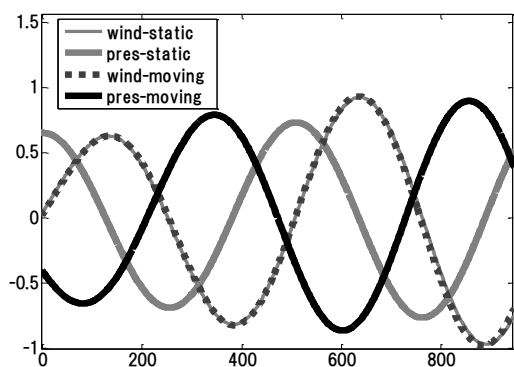


Fig.4 Reduced amplitude of fluctuating vertical wind velocity and the model top surface pressure at 2.0Hz in static and moving model cases

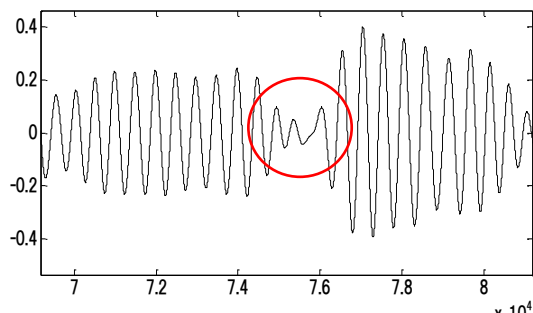


Fig5 Irregular cycle in fluctuating vertical wind velocity at 2.0Hz

5. mov 成分と全空気力成分の比較

Fig.6, Fig.7 は全ての空気力成分を含んでいる模型加振時の圧力データの加振周波数 (2.0Hz) 成分と、その中から前節の方法で抽出した mov 成分を対象に模型上面における変動圧力係数 $\tilde{C}_p$ 及び模型上面変動圧力と模型加振変位との位相差 $\Psi_T(\Psi_T)$ (Ψ_H : たわみ 1 自由度振動における、上面負圧最大のたわみ速度下向き最大に対する位相遅れ, Ψ_T : ねじれ 1 自由度振動における、上面負圧最大のねじれ変位頭上げ最大に対する位相遅れ) を比較したものである。図より、どちらも全空気力成分と mov 成分とでその分布形状はほぼ一致していることが分かる。

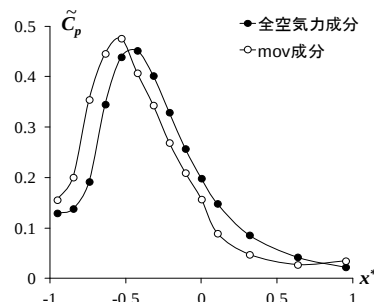


Fig.6 Fluctuating pressure coefficient (torsional moving)

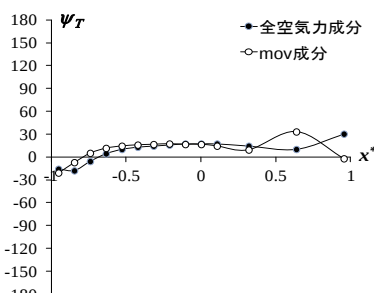


Fig.7 Phase difference between fluctuating pressure and the model displacement (torsional moving)

6. 結論

「従来の自励空気力成分 (S.t. + turb.成分+ mov 成分)」と「純粋な構造物自身の振動に起因する空気力である mov 成分」との一連の比較検討の結果、両者による評価は概ね一致するものと結論付ける。今後、空気力成分の抽出精度並びに得られた結果の妥当性を評価するために、より様々な条件下 (断面辺長比, 気流特性, 加振条件等) での検討を行う必要がある。