

第Ⅰ部門

勾配流中における充腹断面を有する構造物の渦発生特性と不安定振動

大阪府立工業高等専門学校 正会員 ○吉田 義隆

大阪府立工業高等専門学校 満田 龍哉

大阪府立工業高等専門学校 正会員 岡南 博夫

1. はじめに

自然界においては様々な場面で風速分布や流速分布が発生し、その中に存在する構造物等が流体からの影響を受ける。それは超高層ビルに作用する鉛直風速分布であったり、敷設中の海底ケーブルに作用する潮流等の影響であったりする¹⁾。構造物のスパン方向に一樣に分布する風速が作用した場合、スパン方向に一樣に周期渦が発生することが知られている。しかし、構造物のスパン方向に分布する風速が作用した場合、長手方向の渦発生メカニズムは不明な点が多い。本研究では、一樣勾配流中における渦発生特性および渦に起因する構造物の振動を対象として風洞実験的な検討を行う。

2. 実験概要

風速分布発生装置²⁾とメッシュを図-1のように設置し、風洞内に一樣勾配流を発生させる。風速分布発生装置は、ベニヤ板を配列して作成したものであり、板の間隔を場所ごとに換え、鉛直方向に流れの抵抗を変化させることによって風洞内に一樣勾配流を発生する装置である。しかしながら、風速分布発生装置背後の流れは、乱れが大きいことから、できる限り乱れを低減させることを目的として風速分布発生装置の背後にメッシュを設置した。



図-1 風速分布発生装置設置状態

静的実験は、作成した一樣勾配流中に静止模型を設置し、その背後に発生する周期渦の高さ方向の周波数分布を測定する。一方、動的实验は、模型を静止模型から振動模型に変え、模型の振幅および模型後流の渦発生周波数の風速変化を測定する。風洞内に設置した風速分布発生装置、静止模型（断面寸法：20×10の矩形断面、スパン300mm）を写真-1および写真-2に、振動模型（断面寸法：20×10の矩形断面、スパン300mm）を写真-3に示す。なお、振動模型は鉛直方向に緊張したピアノ線の弾性振動を利用し、模型の形状はスポンジで成型した矩形模型をピアノ線に貼り合わせて作成した。



写真-1 風速分布発生装置

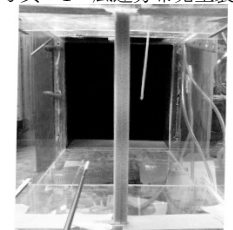


写真-2 模型設置状態（静的実験）

3. 実験結果

文献²⁾で使用した風速分布発生装置は、模型下部に作用する風速分布が一樣勾配流となっていなかった点を改良した。若干バラツキは認められるが、鉛直方向に一樣に変化する勾配流を発生することができた。その結果を図-2に示す。作成した風速分布中に静止模型を設置し、渦の周波数分布を模型下端から上端まで10mm刻みに測定した。その結果を図-3に示す。

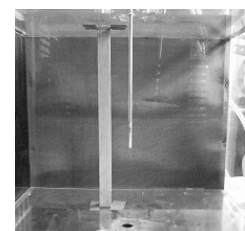


写真-3 模型設置状態（動的实验）

静止模型と同じ位置に振動模型を設置し、風速変化に対する模型の変位振幅、および模型背後の渦の周波数を模型下端から119mm、169mm、259mmの3点で測定する。その結果を図-4に示す。

静的実験について、図-3の○印はストローハル数を0.1405（一樣流中での測定値）として、各高さにおける風速より算出した周波数を示す。また、図-3の●印は実験により測定した静止模型背後の周波数をブ

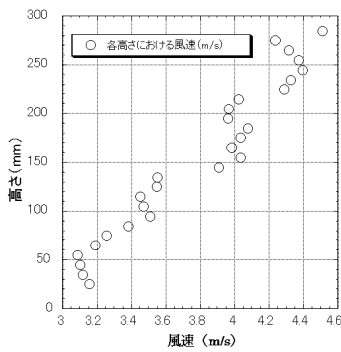


図-2 一様勾配流

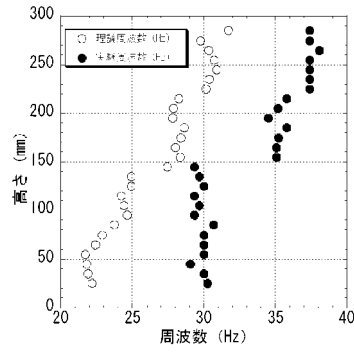


図-3 勾配流中における周期渦の周波数分布

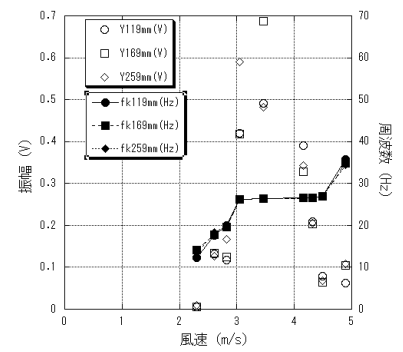


図-4 応答振幅と周期渦の発生周波数

ロットした結果である．図-5 より，模型の上部と下部では発生する渦の周波数が高周波数部 f_u と低周波数部 f_l に分かれ，高周波数側の周波数変化の様子は，模型上部の各高度における風速に対応した周波数が現れている．本実験において，高周波数部と低周波数部の2種類が現れたため，図-2の○印で示す各高さ方向に変化するすべての測定値を平均した平均風速（Case1）として，スパン方向の勾配風速を平均して考えると，模型上部で発生する高周波数部に対応するストローハル数(Stu)0.157，模型下部で発生する低周波数部にストローハル数(Stl)0.192 が得られる．

つぎに，高周波数部および低周波数部に対応する2つの領域におけるそれぞれの風速を平均した平均風速（Case2）で算出すれば，ほぼ等しい値を持つストローハル数0.177 (Stu)，0.174 (Stl) が得られる．

動的実験では，一様勾配流中において，図-3 に示されるように渦の卓越周波数が，低周波数部と高周波数部に分かれて発生することから，同期現象が周期渦のどちらの周波数で同期現象が発生するのかといった点に注目する．

平均風速 Case1 として考えれば，高周波数部および低周波数部に対応する2つのストローハル数から，図-6 に示すように，風速と渦の発生周波数の関係が2本の直線として表すことができる．高周波数部に対応する直線を実線，低周波数部に対応する直線を破線で示す．模型の固有振動数と渦の発生周波数の同期は風速が約3～4.2m/sの範囲で発生している．実線で表したStuから描かれる直線は，周波数の同期幅を表す水平の破線部分と交点を有し，この交点付近で模型の最大振幅となる振動が発生する結果となった．このことから模型上部で発生する高周波数側の渦が模型の振動に同期すると考えられる．なお，同期風速領域外の渦の発生周波数はStuに対応する直線上でプロットされると考えられるが，この領域の実験結果は直線からの隔たりが見られる．このことは，小型風洞を用いて小さな模型を使用したことによる実験精度の問題が挙げられる．したがって，今後大型風洞で精度良く実験を行うことが課題として残されている．

4. まとめ

- ①模型背後に発生する周期渦のスパン方向の周波数変化特性は，勾配流の風速変化に追従した変化を示すのではなく，ある高さ領域毎に階段状に変化する．
- ②勾配流中における模型の振動は，エネルギーの大きな高風速で模型上部一定領域に発生する高周波数側の渦に同期して発生する．

参考文献

- 1) R.D.Peltzer, D.M.Rooney: Vortex Shedding in a Linear Shear Flow From a Vibrating Marine Cable With Attached Bluff Bodies, Transactions of the ASME, March 1985, Vol. 107/61
- 2) 近藤潤一：分布風速中における渦発生特性，大阪府立工業高等専門学校 建設工学科 平成18年度卒業研究論文

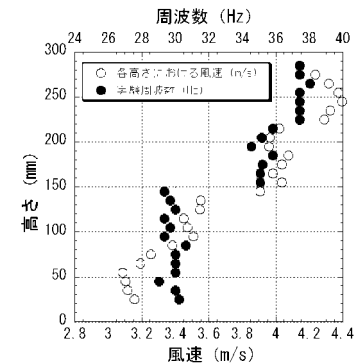


図-5 風速分布と周期渦の高さによる変化特性

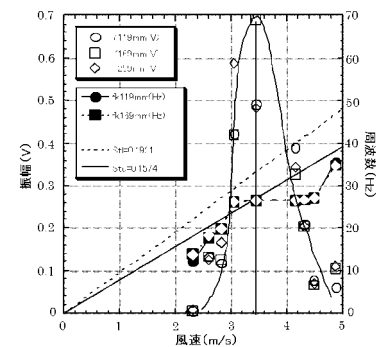


図-6 応答振幅および周期渦発生周波数

の風速変化特性

(横軸の風速は，勾配流全体で平均

した風速で表示している)