

まえがき 構造物の対風応答を調べる風洞実験では、格子乱流や境界層乱流などが用いられることも多い。これらの乱流における速度変動は一般にランダムであり、その特性値は確率量で記述される。一方、実験目的によっては、コントロールされた速度変動を持つ気流が必要となることもある。従来、このような気流を生成するために用いられてきた方法は、サーボモーターで翼列を駆動するなど高価な設備を要するものが多かった。本研究では、比較的安価な市販のスピーカーを用いて風洞内に変動気流を生成することを試み、その応用例として正方形柱の非定常空気を測定したので、その概要を報告する。

実験方法 実験に用いた風洞は、幅50cm、高さ100cm、長さ180cmの測定部を持つ押込型エッフェル風洞である。図1に示すように、測定部の天井と床に各々2個、合計4個のスピーカー(低音用、公称口径40cm)を設置した。今回の実験では、天井側と床側のスピーカーの振動板が同方向に振動するように接続し、鉛直方向の速度変動の生成を試みた。なお、スピーカー取付け孔による主流の乱れの増加を防ぐため、スピーカーの前面は有孔薄鋼板でカバーした。

変動風速分布 X型プローブと熱線流速計を用いてスピーカー加振時の風速変動を計測し、スペクトル・アナライザーで主流方向および鉛直方向速度変動の加振振動数成分 u 、 w を求めた。いずれの場合も、速度変動の卓越成分は加振振動数成分であったが、 u には、若干、加振振動数の半分の振動数を持つ成分が認められる場合もあった。図2、3に u 、 w の主流方向の分布を示す。図2は、比較的天井に近い位置($z=37.5\text{cm}$)での分布、図3は風洞中央($z=0\text{cm}$)での分布である。いずれも幅方向の位置は風洞中央である。また、主流方向の座標 x は上下流スピーカーの中央を原点として、下流方向を正とした。スピーカー位置は $x=-45\text{cm}$ (上流側)および 45cm (下流側)である。 $z=37.5\text{cm}$ では、スピーカー振動板の下でのみ大きな鉛直速度変動が生成されて分布に山谷が生じている。また、スピーカーのエッジ付近では w とほとんど同程度の大きさの u が生じているが、スピーカー前面の空気だけが加振されるため、振動板のエッジ付近に鉛直方向に剪断層が生じるためと思われる。一方、 $z=0\text{cm}$ では、 w 、 u ともほぼ一樣な分布を示す。また、 u は w より1桁小さい。図は省略するが、速度変動の位相の主流方向分布もほぼ一樣であった。よって、風洞の中央付近では一般流速 U で下流に流れながら、全体が上下に調和的に振動する流れが形成されているものと言える。図3における鉛直速度振幅はおよそ 2cm/s であり、変位振幅に換算すると 0.3mm 程度となる。

一般流速、加振振動数の影響 図4はスピーカー加振条件を一定に保ち、一般流速を変化させた時の u 、 w の測定結果である。測定位置は $x=z=0\text{cm}$ である。低風速で w が若干低下する傾向が認められるが、低風速での流速測定精度等を勘案すれば、ひとまず変動成分は一般流速によらず一定と見てよいように思われる。 U を一定として、加振振動数を変化させた場合の結果を図5に示す。この実験ではスピーカー駆動電圧の振幅を一定とした。振動板の実振幅は測定していない。図から、若干ばらつきはあるものの、鉛直変動速度はほぼ振動数に比例して増加していることが分かる。このことは変位振幅がほぼ一定であることを意味するが、実験周波数域がスピーカーの固有振動数の半分以下であり、駆動力に対して振動板がほぼ準静的に応答する領域であることを考えれば妥当な結果と言える。

変動気流中の正方形柱に作用する変動揚力 鉛直方向に振動する気流中に静止物体を置いた状態と、一樣流中に鉛直方向に振動する物体を置いた状態は物体と流れの相対速度に関する限り等価であるから、変動気流中で空気を測定すれば、物体を振動させずに非定常空気を測定することが可能と考えられる。ここでは $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ の正方形柱に作用する変動揚力のスペクトルを一樣流中および上記の変動気流中で測定した。当然ながら一樣流中では単一のピーク、すなわちストローハル成分だけが観測された。実験から得られたストローハル数は 1.13 であった。変動気流中では、一樣流中のストローハル成分とほとんど同じ振動数および加振振動数の2つの振動数でピークが観測された。後者は、言うまでもなく、自励空気力成分と考えられる。これらの揚力をまとめて図6に示す。図からストローハル数成分は加振の影響をあまり受けないこと、

ストローハル数から計算される共振風速 $U=4.42\text{m/s}$ 付近で自励成分が急激に大きくなることなど、定性的には、筆者らが以前に強制振動法で測定した空気力¹⁾と同じ特徴を示しているが、加振振幅が微小であるにも拘らず、自励空気力のピークの幅が広い、共振風速より低い風速で自励空気力が最大となるなど、定量的には必ずしも一致していない部分があり、今後の研究課題である。

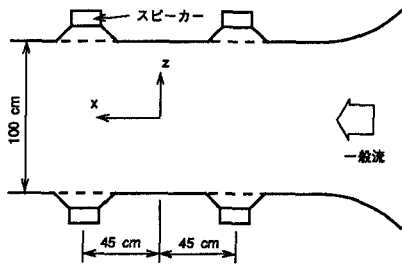


図1 実験装置

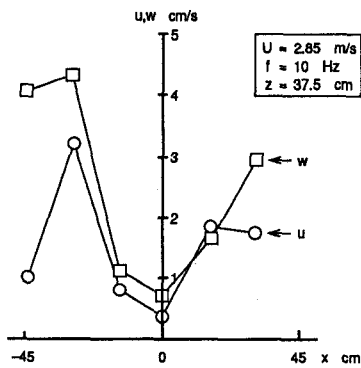


図2 u, w の主流方向分布

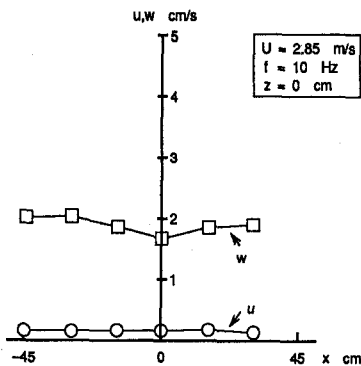


図3 u, w の主流方向分布

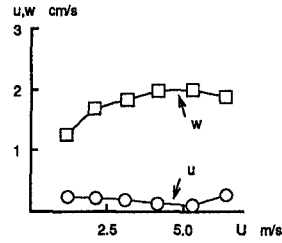


図4 一般流速の影響

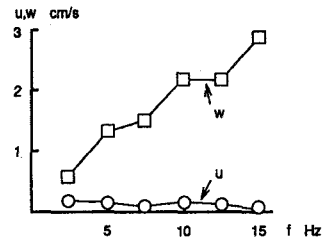


図5 振動数の影響

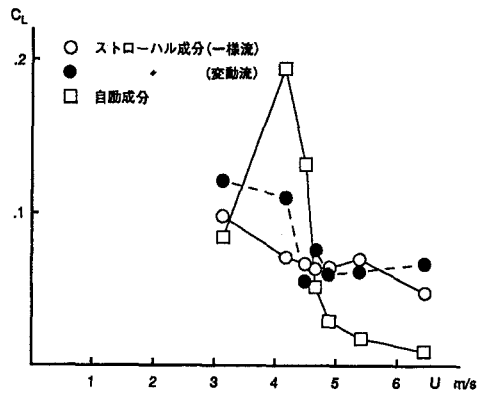


図6 非定常空気力係数

参考文献

- 1) 伊藤、宮田、藤澤：振動する正方形断面に作用する空気力の特性、第30回年次講演会、1975；正方形断面に作用する非定常空気力と渦力に関する考察、関東支部講演会、1976。