

角柱断面に作用する空気力に関する二、三の考察

徳島大学工学部 正 員 宇都宮英彦

徳島大学大学院 学生員 瀬尾 秀雄

徳島大学大学院 学生員 泉 慶治

1 まえがき 本研究は、断面比の異なる3種類の角柱断面に作用する空気力特性を、一樣流と乱流の両面から明らかにすることを目的としたものである。さらに、応答特性に対する乱れの影響を、その空気力特性から評価することを試みたものである。まず、静止角柱模型に作用する空気力を表面圧力によって検出し、その圧力分布をいづみゲージ型荷重計によって測定した三分力と照合することによって、各断面の静的空気力特性に考察を加えた。このとき、煙を使って流れの可視化を試みた。表面圧力は、模型表面に圧力孔を設け、差圧計を用いて検出したものである。この空気力の作用によって、模型がいかなる動的挙動を示すかを振動実験によって観測し、応答特性と空気力特性との対応づけを試みた。実際に用いた乱流は、格子乱流であり、Mesh size 10cm、Bar size 1cm(Grid A)、2cm(Grid C)、Bar size 1cmの格子の下流側に直径3.2cmの円柱を設けたもの(Grid B)の3種類を使用した。乱れの強さは、表-1に示す。角柱模型は、断面比1:1、1:2、1:4の3種類とした。

表-1 乱れの強さ(%)

Grid A		Grid B		Grid C	
u	w	u	w	u	w
144	11.6	16.2	16.7	27.2	21.3

2、三分力と圧力分布 一樣流の圧力分布を、図1、2に示す。正方形断面では、迎角が大きくなると上下面とも圧力上昇を示しているが、上面の方がその圧力上昇の割合が大きく、負の揚力勾配と対応している。迎角 $\alpha \cong 10^\circ$ までは、下面後縁(3)の圧力が上昇しているが、 $\alpha \cong 16^\circ$ になると圧力が減少しており、再付着が起こったと考えられる。迎角がもっと大きくなると、再付着点は前縁側に移動している。背面角部(3)、(4)の圧力分布の不連続は、流れの逆流を示しており、迎角の増加にともなって下面はほとんど遮断された状態となり、上面への逆流がさかんになって負の揚力の増大となる。上面への逆流は、流れの可視化からも確認できた。また、背面圧力の増加は、抗力の減少と対応し、渦の発生位置の前進、上面への逆流と密接な関係をもっている。再付着後は、下面の圧力上昇によって、ヤカで正の揚力となる。また、抗力は、再付着しませんが断層が剥離するために、渦の発生位置は後退し、背面圧力の低下にともなう増加する。1:2断面は、正方形断面とほぼ同じ傾向を示す。1:4断面は、再付着型の断面であり、迎角が大きくなると、下面の再付着点が前縁側に移動し、それによっても下面の圧力が大きくなる。 $\alpha \cong 9^\circ$ より大きくなると、上面の圧力上昇が大きくなり、背面角部(4)における圧力分布の不連続、すなわち逆流の促進が上面の圧力回復に寄与する。したがって揚力が減少する。三分力と圧力分布は、だいたい対応づけられることがわかった。

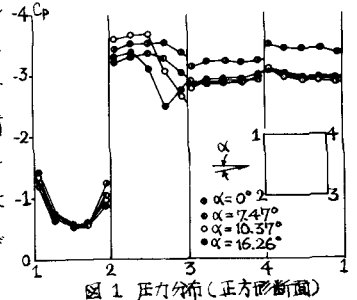


図1 圧力分布(正方形断面)

正方形断面の乱流中の圧力分布を、図3、4に示す。乱れの強さが大きくなるとともなう、表面圧力の減少がみられる。Grid Aでは、迎角 $\alpha \cong 6^\circ$ で下面後縁側が前縁側よりもかなり圧力が大きくなっており、一樣流中でみられた下面後縁の迎角の増加にともなう顕著な圧力上昇はみられない。再付着を行なう迎角は、一樣流よりも小さく、 $3^\circ \sim 8^\circ$ の間の迎角と思われる。揚力、抗力とも、その変化が一樣流よりも狭い迎角の範囲にある。Grid Bでは、背面角部(3)、(4)の表面圧力は、ほとんど連続であり、上下面への逆流は生じていない。抗力

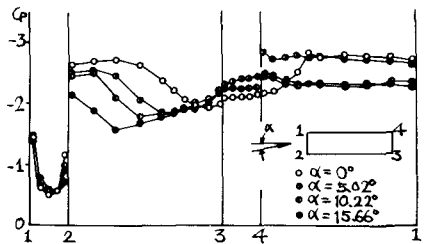


図2 圧力分布(1:4断面)

は、迎角とともに大きくなっていく。Grid Cは、Grid Aとほぼ同じ傾向を示した。

三分力試験から得られた空気力係数 C_F を、図5、6に示す。ここで、 $C_F = -(C_L + C_D \tan \alpha) \sec \alpha$ 。正方形断面では、乱れの強さが大きくなるにつれて C_F が正である部分の α の範囲が減少する。Grid B

の場合には、乱れの強さ以外の要因が考えられる。1:2断面では、正方形断面とみられた傾向が大きくなっておりGrid Aですら、 C_F は負の領域にある。1:2断面の一樣流の C_F の変化が、正方形断面のGrid Aのそれにほぼ一致しており、乱れの強さは、みかけ上、after bodyを長くする効果をもつことがわかる。

空気力特性に対する乱流効果を要約すると
○ 乱流は、一樣流と上下面の大きな圧力差を生み出した、上面への逆流、下面後縁の圧力上昇と再付着、渦の発生位置の前進、後退といったフローパターンをこわし、上下面の圧力差を押える方向に流れを変えている。

○ セン断層への乱れの効果が、下面の再付着を前進させ、結果として、after bodyを相対的に長くする効果を生み出している。

3. 応答実験 正方形断面の振動実験結果を、図7に示す。一樣流での応答は、 U_{cr} 付近よりギャロッピング振動が発生している。Grid Aの応答は、一樣流と比べると少し発振風速はあがっているが、振動振幅の大きさにはほとんど変化はみられない。ギャロッピング振動の発生条件は、 $|dC_F/d\alpha|_{\alpha=0} > 0$ であるが、これに適合するGrid Aは、ギャロッピング振動を示しているが、Grid B、Cは、 $|dC_F/d\alpha|_{\alpha=0} \leq 0$ であり、応答はほとんどないといえる。したがって、応答と静的空気力特性は、十分対応づけられることがわかる。乱流中の応答予測に準定常理論を用いるには、乱流中の三分力実験が不可欠であるのは自明のことであるが、空気力のランダム性を考慮する必要もあり、また流れの遅れの効果を無視した準定常的な考え方から乱流をとらえるには、困難な点が多いと思われる。

4. おまけ 角柱断面に作用する空気力の解明には、圧力分布、三分力なラビに流れの可視化を結びつけるのが、さくめて有効であることがわかった。本研究では行えなかったが、乱流空気力については、特にその変動性を考慮に入れる必要があると思われる。

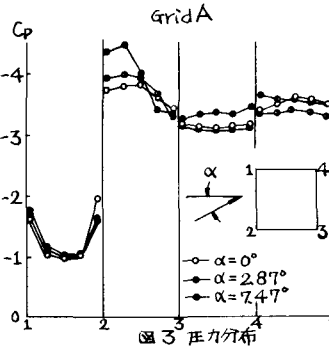


図3 圧力分布

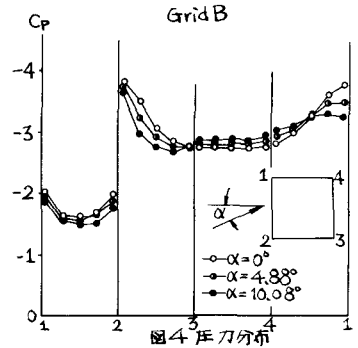


図4 圧力分布

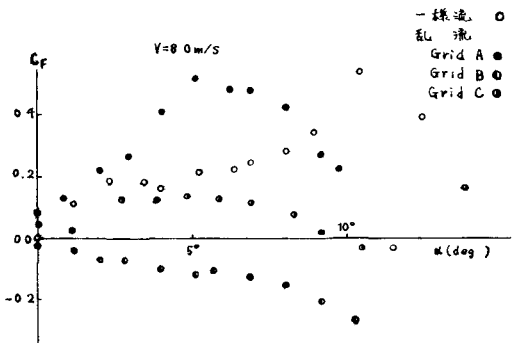


図5 C_F (正方形断面)

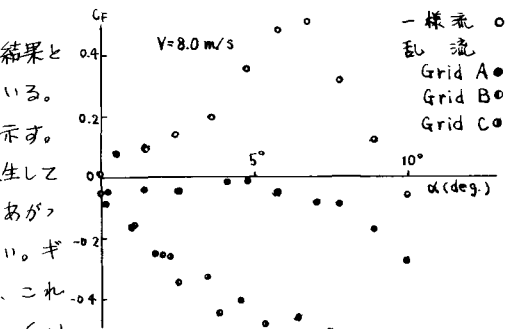


図6 C_F (1:2断面)

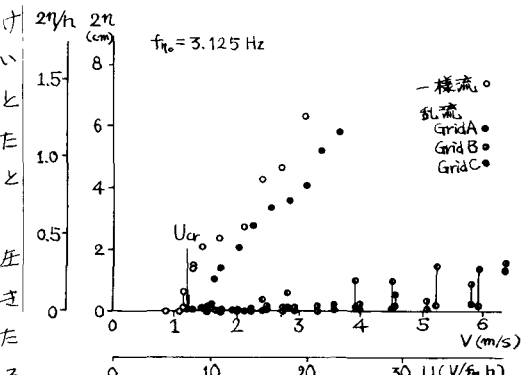


図7 応答の実験結果