

翼の地面効果の実験 地面板が動く場合

光安, 信

林, 正徳

<https://doi.org/10.15017/4743435>

出版情報：応用力學研究所所報. 26, pp.251-260, 1967. 九州大学応用力学研究所
バージョン：
権利関係：

翼の地面効果の実験(地面板が動く場合)

光 安 信
林 正 徳

概 要

この研究の目的は縦横比の小さい翼の地面効果をしらべ、且つそれを実験する上で風洞実験を行なうときに航空機の離着陸時における航空機と地面との相対的速度条件を同じにするため風洞流れと同じ方向に地面が動いている場合と、地面の動かない場合との結果を比較して地面を動かす必要があるかどうかを調べることである。

結果としては矩形翼と三角翼の地面効果は大変似ており、地面効果について実験する場合には地面からの翼の高さと翼弦長の比が非常に小さい時には、かならず地面を風速と同じ速度で動かして実験を行なう必要があり、地面からの翼の高さと翼弦長との比が1以上の場合は地面を動かす必要はない。しかしジェット・フラップのついた翼では地面を動かす方が良いでしょう。

1. 緒 言

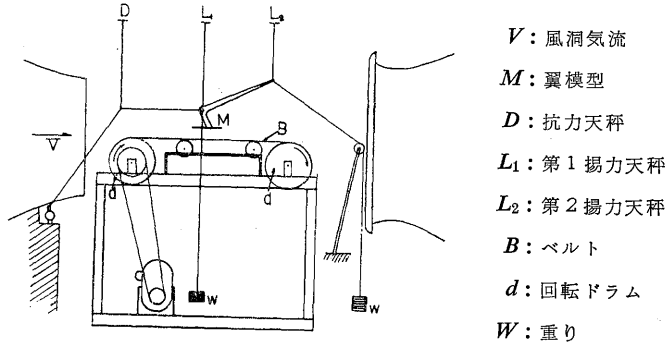
最近の航空機は大きな翼弦長の翼をつけるようになったため、離着陸時に翼弦長に対する地面からの高さの割合が非常に小さくなる。このことからそのような航空機においては、地面は翼の空力特性に大きな影響を持つている。これらについては実験のおよび理論的な解析も色々おこなわれているが、風洞実験では航空機の離着陸時において航空機と地面と相対的速度条件を同じにするために、風洞流れと同じ方向に地面が動いていることが必要であるが、このような実験は非常にすくなく、我々の知るかぎりではジェット・フラップの地面効果に関する実験²⁾が1つあるだけである。それで地面が動いている場合と動いていない場合の地面効果を実験的に比較することが必要である。そのためまづ地面が動く装置として高速回転ベルトを作り、平板翼にて実験を行ない、更に地面効果が大きいと考えられるジェット・フラップの付いた翼(楕円断面)で2次元的模型により実験を行ない地面効果について検討した。また矩形翼の場合には3/4翼弦長理論を使つて計算した結果を実験値と比較した。

2. 実験装置および模型

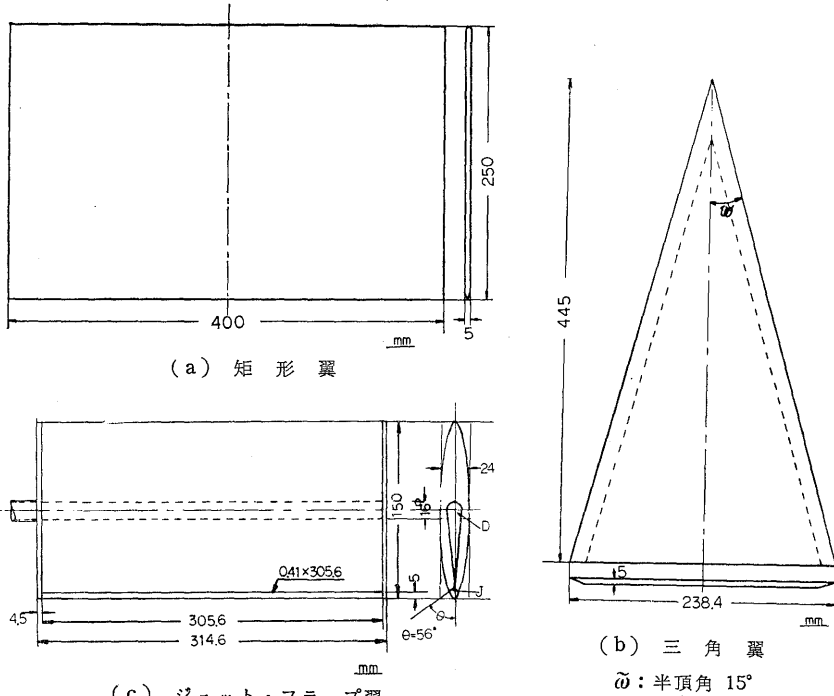
地面の動く装置として長さ 1350 mm, 巾 1300 mm の高速回転ベルトを作り, ゲッチンゲン型 2 m 風洞の中に取り付けて第1図のような配置で実験をおこない, 実験 Reynolds 数は約 3.55×10^5 であり, 実験風速は約 15 m/sec~25 m/sec でベルトの最大速度は約 20 m/sec である。

実験に使用した模型は3種類で第2図に示す通りである。厚さ 5 mm, 翼弦長 c 250 mm, 翼巾 b

- 1) U. Achermann und G. Back: Betrachtungen zu einem Zwei-Wirbel-Flügelmodell. Z. Flugwiss. 9 (1961), Heft 4/5.
- 2) H. Schlichting: Aerodynamische Probleme des Höchststuftriebes. Z. Flugwiss. 13 (1965), Heft 1.



第 1 図 実 験 装 置



(c) ジェット・フラップ翼
 D:ダクト J:ジェット・ノズル
 θ:ジェット吹き出し角

第 2 図 翼 模 型 の 平 面 図

400 mm の平板矩形翼と厚さ 5 mm, 中央翼弦長 C 445 mm, 半頂角 $\tilde{\omega}$ 15° の平板三角翼と更に翼断面が翼厚比 16% の楕円形, 翼面積 S 0.04719 m², ジェットの吹き出し口巾 s 0.41 mm, 翼弦長 c 150 mm, 吹き出し角 θ 56°, 吹き出し口の位置が 97% 翼弦長, ジェット・フラップのある翼中分の翼面積 S_J が 0.04586 m² である。また 2 次元翼として使用するために大きな端板を取付けた。

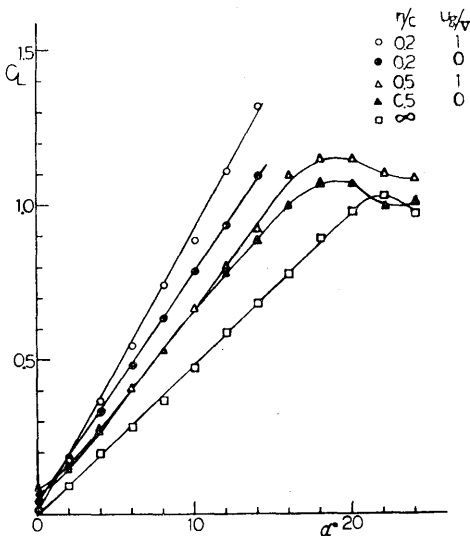
翼の $1/4c$ の点と地面からの高さを h 、一般流の速さを V 、地面（ベルト）の速さを U_g 、空気密度（風洞）を ρ_0 、ジェットの空気密度を ρ_j 、ジェットの吹き出し速度を v_j 、 $q_0=1/3\rho_0V$ とし、更にジェット運動量係数を $c_m=(m_j v_j)/(q_0 S_j)=(\rho_j v_j^2)/(q_0 c)$ と定義する。但し m_j はジェットの吹き出し質量である。

3. 実験結果

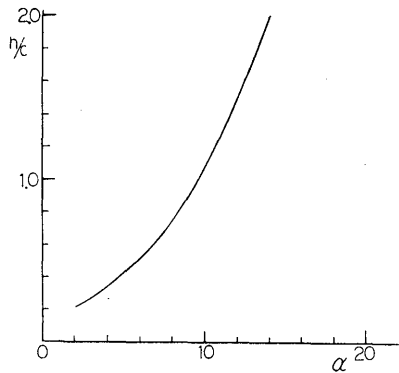
まづ平板矩形翼の場合について述べる。

平板矩形翼の揚力曲線を色々の h/c について求めたがそのうちの一部を第3図に示す。 h/c が小さくなるにつれて地面効果が大きくなり、 h/c が大きくなると h/c が ∞ のときの揚力曲線に近づくことが分る。また地面が動いている場合と動いていない場合の揚力曲線は h/c が小さいほど差があり、 h/c が非常に小さい時、即ち翼の一部分または全部が地面の境界層内に入る時ほど地面が動くか動かないかで非常に異なる。また、その揚力曲線図を見ると分るように h/c がある値で U_g/V が1と0の場合の揚力曲線が交わる。その交点より迎角 α の小さい側では C_L は U_g/V が1の方が小さく、迎角 α の大きい側では U_g/V が1の方が大きくなる。その交点に相当する α と h/c との関係を第4図に示す。また実験により h/c が2以上になると揚力係数は地面が動くための効果は小さいことが分る。

第5図に a_∞ ($h/c=\infty$ の時の揚力曲線傾斜) と a (h/c がある値の時の揚力曲線傾斜) との比を h/c とともに示している。 h/c が1より小さいところでは a/a_∞ は U_g/V が1と0の場合ではかなり異なっているが h/c が1より大きいところではほとんど変らない。しかし U_g/V が1と0のどちらの場合も h/c が2になつても a/a_∞ の値は1にならない。このことは実験装置の不備の影響によるものもふくまれていると考えられる。なお同図に2次元翼における Ackerman-Bock の理論計算結果と 3/4 翼

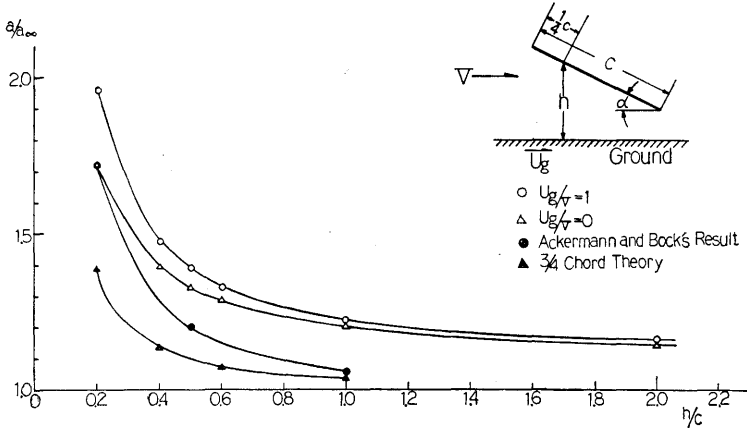


第3図 矩形翼の揚力曲線

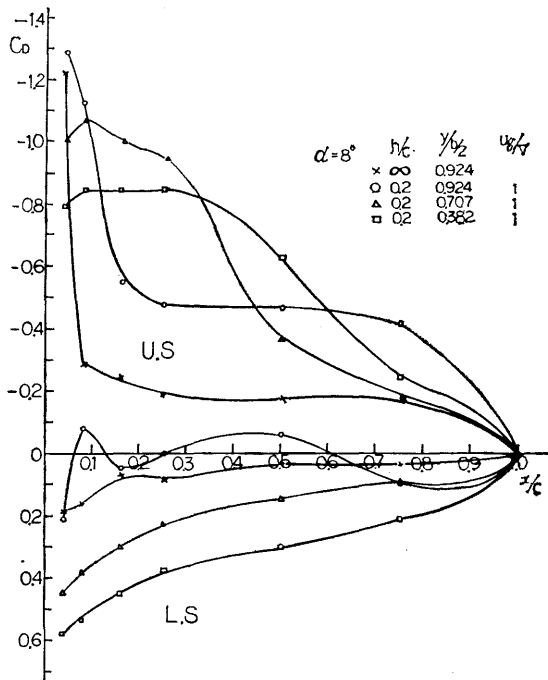


第4図 U_g/V が1と0の矩形翼の揚力係数曲線の交点の α と h/c との関係

弦理論による 3 次元翼の計算結果を同時に示しているが、ともに実験値より小さな値を示しているが同じような傾向を示している。これも前と同様に実験装置の不備の影響によるものもふくまれている。この実験結果から地面効果により h/c が 0.2 で U_g/V が 1 の時、揚力係数傾斜は約 90% 増加し、 U_g/V が 0 の時約 70% 増加することが分る。



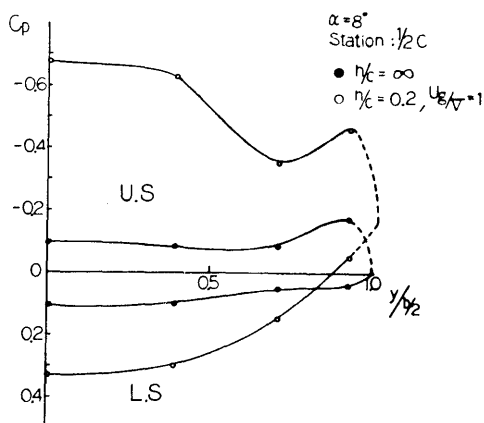
第 5 図 矩形翼の揚力係数曲線傾斜と h/c の関係



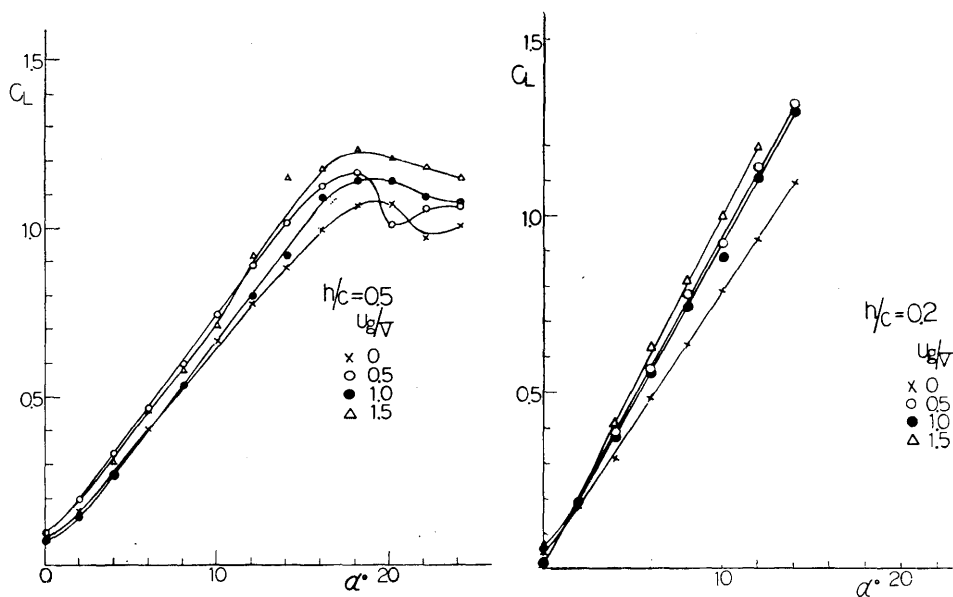
第 6 図 矩形翼の翼弦方向の圧力分布 (U. S. : 翼上面, L. S. : 翼下面)

第6図に迎角 8° の翼弦方向の圧力分布を h/c が ∞ と h/c が 0.2 に対し U_g/V が 1 の場合について示した。翼面上の圧力分布は量的に異つているが傾向は似ている。しかし翼下面においては翼端付近で負圧を生じるところもある。第7図には迎角 8° で $c/2$ 線上の翼巾方向の圧力分布を h/c が 0.2 および h/c が ∞ の場合について示した。

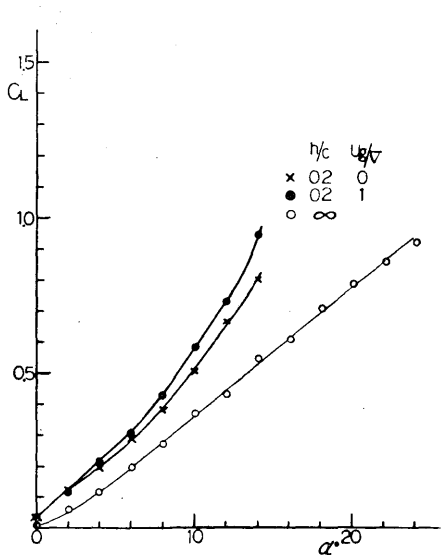
第8図に h/c が 0.5 の場合につき U_g/V を $0, 0.5, 1.0$ と 1.5 に変化させた時の揚力係数曲線を示している。これを見ると U_g/V が 0 と 1 の場合より 0.5 と 1.5 の場合の方が揚力が大きく出て



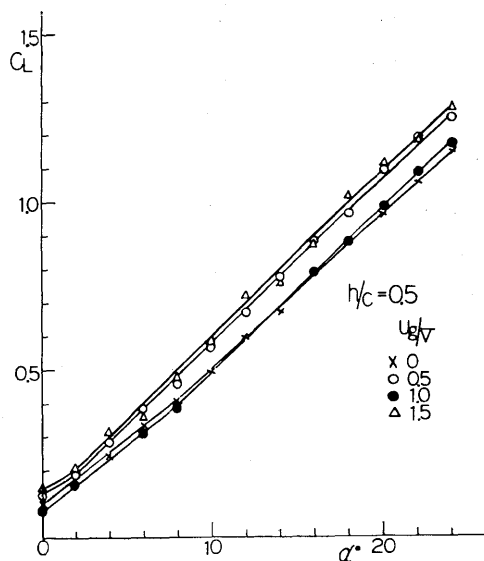
第7図 矩形翼の翼幅方向の圧力分布 (U. S. : 翼上面, L. S. : 翼下面)



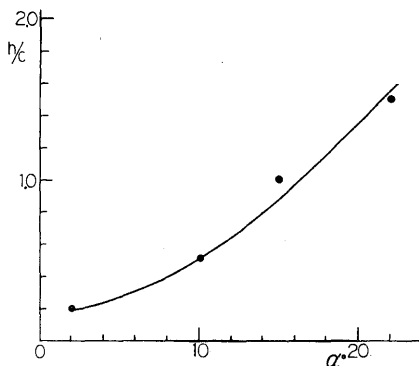
第8図 矩形翼の h/c が 0.5 の揚力係数曲線 第9図 矩形翼の h/c が 0.2 の揚力係数曲線



第 10 図 h/c が 0.2 で U_g/V が 0 と 1 の三角翼の揚力係数曲線



第 12 図 h/c が 0.5 で U_g/V が 0, 0.5, 1.0 と 1.5 の三角翼の揚力係数曲線



第 11 図 U_g/V が 1 と 0 の三角翼の揚力係数曲線の交点の α と h/c との関係

いることが分る。また第 9 図に h/c が 0.2 の場合を示す。この場合は迎角 0° 付近をのぞいて地面が動いている場合の方が大きな揚力を出していることが分る。

次に三角翼の場合について示す。

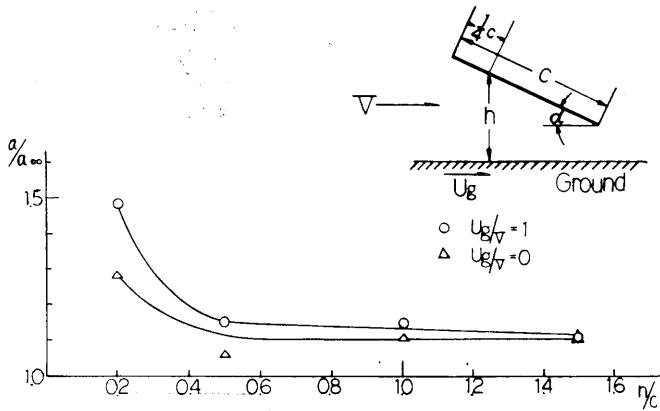
第 10 図に h/c が 0.2 の場合の U_g/V が 0 と 1 の揚力係数曲線と h/c が ∞ の揚力係数曲線を示す。迎角 2° 以上では地面の動いているの方が大きな揚力を出すことを示している。

第 11 図に h/c が同じで U_g/V が 0 と 1 の時の揚力係数曲線の交点に相等する α と h/c との関係を示す。なお矩形翼と同じように交点より小さい迎角では U_g/V が 0 の方が大きな揚力係数を示し交点より大きな迎角では U_g/V が 1 の方が大きな揚力係数を示す。

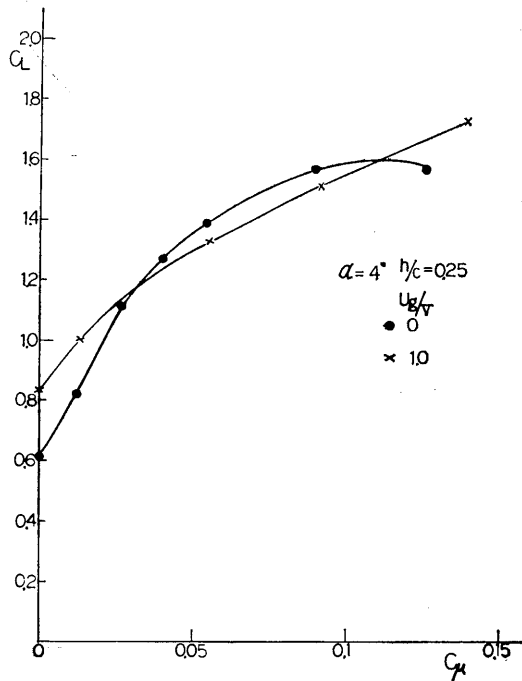
第12図に h/c が 0.5 で U_g/V が 0, 0.5, 1.0 と 1.5 の場合の揚力係数曲線を示す。これから分ることは U_g/V が 0 と 1.0 の場合より 0.5 と 1.5 の方が大きな揚力係数を示し、 U_g/V が 1.5 の場合が最も大きな揚力係数を示す。

第13図に a/a_∞ と h/c の関係を U_g/V が 0 と 1 の場合について示す。

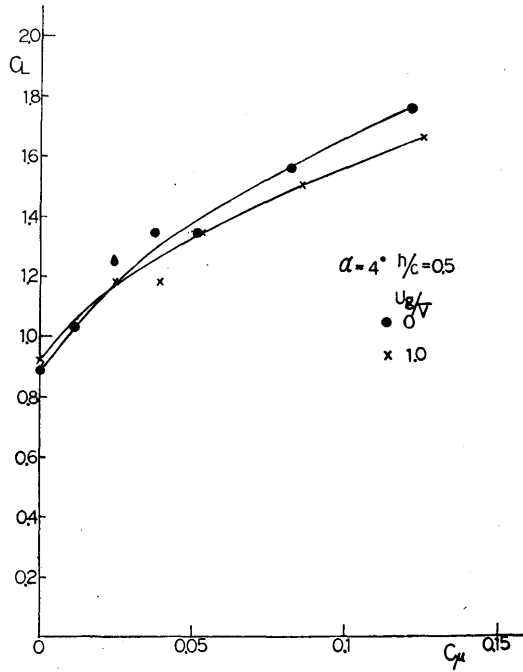
また圧力分布については h/c が ∞ の場合と他の場合は量的にかなり異なるが、傾向は良く似てい



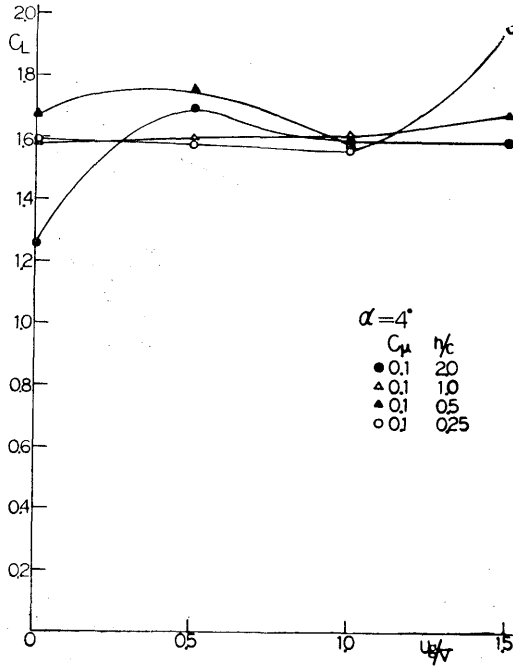
第13図 三角翼の揚力係数傾斜と h/c の関係



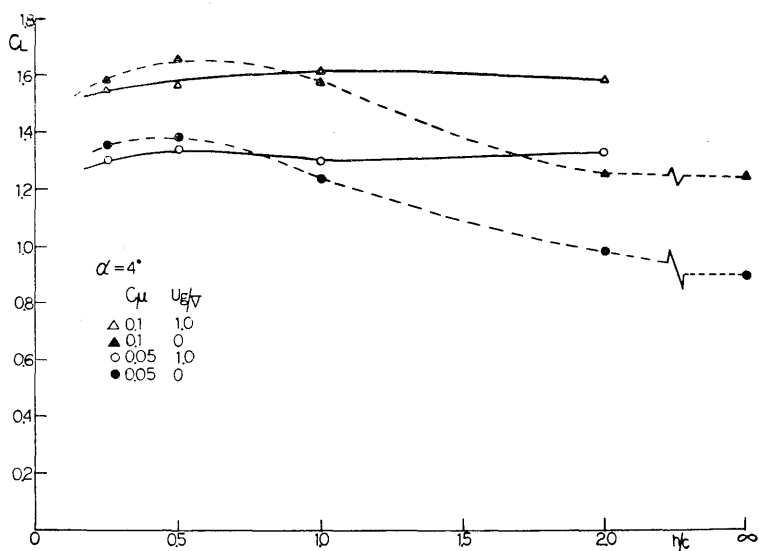
第14図 迎角 4° , h/c が 0.25 で U_g/V が 0 と 1 の C_m と C_L の関係



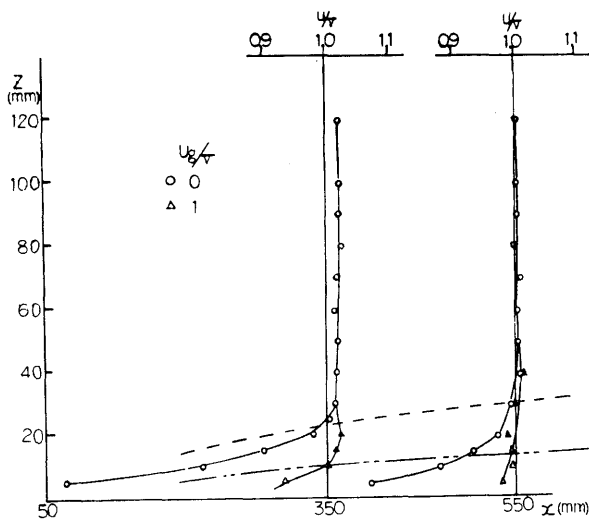
第 15 図 迎角 4° , h/c が 0.5 で Ug/V が 0 と 1 の C_μ と C_L の関係



第 16 図 C_μ が 0.1, h/c が 0.25, 0.5 と 1.0 の時の C_L と Ug/V の関係



第17図 C_μ が 0.1 と 0.05 で U_g/V が 0 と 1 のときの C_L と h/c の関係



第18図 ベルト上の速度分布

るのでここでは省略する。

終りにジェット・フラップの付いた2次元楕円断面翼の場合について述べる。

第14図に迎角 4° , h/c が 0.25 で U_g/V が 0 と 1 の時の C_μ と C_L の関係を示し, 第15図に迎角 4° , h/c が 0.5 で U_g/V が 0 と 1 の時の C_μ と C_L の関係を示す。ジェット・フラップをとりつけると地面が動く場合の方が揚力が減少することが判る。 h/c が 0.25 で U_g/V が 0 の時 C_μ が 0.1 から

以上増加しても実験範囲内ではほとんど C_L の増加がないことを示している。

第 16 図に C_μ が 0.1 で h/c が 0.25, 0.5 と 1.0 の時の C_L と U_g/V の関係を示す。やはり地面近くでは地面が動く場合の方が揚力が減少する。

第 17 図に C_μ が 0.1 と 0.05 で U_g/V が 0 と 1 の時の C_L と h/c の関係を示す。

これらの関係図より U_g/V の値により変化のあることがわかる。すなわち、地面が動いていなければ地面に近づく程 C_L は一たん増加するが、非常に地面に接近すれば C_L は却つて減少する。一方、地面が動く場合は地面に接近する程 C_L は次第に減少する。 h/c が 1 以上になると地面が動くか否かで C_L の値にかなりの相異があるようである。

ベルト上の速度分布について述べる。

第 18 図に翼の近くにあたるベルト上の速度分布を示す。なお測定は非常に小さいピトー管を使って行なつた。また、ここで u はベルト上の気流速度、 V は風洞平均速度である。この図から分るようにベルト静止の時の境界層の厚さは 20~30 mm であり、ベルトが V と同じ速度で動いているときの境界層の厚さは 10~15 mm である。実際の航空機の離着陸の場合には地面近くの境界層は存在しないものと思われる意味から実験装置としては地面を動かした方が実際にあつていると思われる。

4. 結 論

地面が移動するベルト回転装置はその数が非常にすくなく我が国では最初であるので、模型の吊りかたおよび流れの制御等にまだ多くの問題を残している。

矩形翼と三角翼の地面効果については大変似ており、 h/c が小さいほど効果は大であり、更に地面が気流速度で動いているか、あるいは静止しているかによりことなり、 h/c が小さいほど地面の動いている効果が大きいことが分つた。また地面が気流速度と異なつて動いている時は地面が静止および気流速度で動いている時より大きな揚力を示していることは注意を要する。

ジェット・フラップを持つている翼の場合も地面が動いているか静止しているかで地面効果も色々異なり、更に h/c と C_μ を如何にとるかでも非常に異なる。なお、この実験では C_μ の値が非常に小さいので、更に C_μ の大きい場合の実験を行う必要がある。また地面の動いている場合には、そのためにジェット流によつて流れをせきとめて地面効果を低下させることを一部防止する効果がある。

以上により地面効果について実験する場合には h/c が非常に小さい時には、かならず地面を風速と同じ速度で動かして実験を行なう必要があるが、 h/c が 1 以上の場合には動かす必要はない。またジェット・フラップのある翼で h/c が大きい場合にも地面が動くか否かでかなりの差が効果の上に出ることは注意を要し、地面を動かす方が良いようである。

終りに、本実験に協力された佐田助手、竹林助手と吉田技術員に感謝の意を表する。

(昭和 42 年 3 月 3 日 受理)