

プロペラ後方におかれた舵角を有する 舵の表面圧力分布計測

森山文雄*、右近良孝**

Measurement of Pressure Distribution on the Rudder
with Rudder Angle behind a Propeller

By

Fumio MORIYAMA*, Yoshitaka UKON**

Summary

The rudder behind the ship stern and a propeller plays important roles not only in steering a ship but also in propulsive performance. The problem on the interaction between a propeller and a rudder has been dealt with by one of the authors, using the simplified propeller theory and a thick wing theory.

In the previous paper, the pressure measurements in the SRI large cavitation tunnel were reported on the rudder surface behind propeller models. The rudder angle, however, in the measurement was set to zero degrees. In this paper, the results of the pressure measurements on the rudder were presented with several combinations of rudder angles to improve the estimation technique on the rudder drag.

* 故人 (推進性能部)

** 推進性能部

記号表

C_P ; 圧力係数 (定義式は本文中)
 c_R ; 舵弦長
 D ; プロペラ直径
 J ; 前進率 ($=V_A/nD$)
 K_T ; スラスト係数 ($=T/\rho n^2 D^4$)
 l ; プロペラ面 ($0.7R$) と舵前縁 (舵角0時) との距離
 n ; プロペラ回転数
 P_0 ; 無限遠方場の圧力
 P_1 ; 舵表面の圧力
 Rn ; レイノルズ数 ($=V_{ACR}/\nu$)
 Rn_k ; Kempfの定義によるレイノルズ数
 $(= (nD^2/\nu) \cdot (c_{0.7R}/D \sqrt{J^2 + (0.7R)^2})$
 T ; スラスト
 V_A ; プロペラへの流入する一様流速
 δ ; 舵角 (取り舵が正)
 ν ; 動粘性係数

1. 緒言

船尾に取り付けられる舵は船を操縦する上で重要な働きをなす^{1)~2)}が、プロペラ直後の不均一な旋回流中に配置されるため舵はスラストを発生し、推進性能上も大きな役割を果たす。著者の一人は舵の推進性能に及ぼす影響について厳密さを保ちながらも実用的な理論を構築すると共に、実験的研究を詳細に行った^{3)~8)}。特に、前報⁶⁾ではプロペラ後流中における舵の圧力分布を計測し、プロペラ・舵干渉理論⁹⁾と比較すると共に、舵抗力の推定法の改良を試みた。しかし、この計測及び理論との比較は舵角が無い時の場合についてであった。このため、本論文ではプロペラ後流におかれた舵が舵角をもつ時の舵表面の圧力分布の計測例について述べる。

2. 計測手順

前報⁵⁾ではTables 1及び2に示すピッチの異なるプロペラ2個と厚さを変化させた舵3個について圧力分布計測を行っているが、本報ではMP-BとMR-2について、舵角を種々変更して、舵表面の圧力を計測した。模型プロペラ直径は238.9mmであり、模型舵のアスペクト比は1.5でアクリル製である。

計測は船舶技術研究所の大型キャビテーション水槽

の第1計測部において、Fig.1に示す配置で行った。プロペラと舵の前後間隔 l/D は0.291とした。プロペラへの流入速度場はボス近傍を除き均一である。プロペラは舵前方で作動しており、スラストとトルクは主動力計 (Kempf & Remmers社製; スラスト600kg、トルク30kg-m) で計測した。

実験時のプロペラ作動条件は前進率 J が0.405、Kempfのレイノルズ数 Rn_k が 4.8×10^5 であった。模型プロペラ回転数 n はこのレイノルズ数が一定となるように決定された。このため、プロペラ後流中の舵に対しては、コード長を代表長さとしたときのレイノルズ数 Rn は $0.6 \sim 0.8 \times 10^6$ 程度となる。

舵表面圧力計測は著者の一人が翼型圧力計測で開発した方法⁹⁾と同様に、スキャニバルブを用いた多点切換計測方式で行われた。舵表面にはFig.2に示す様に内径0.64mm ϕ の圧力孔が両側に計90点配置されており、圧力孔端からスキャニバルブを経て圧力センサには内径1.4mm ϕ のビニールチューブでつなげられている。

圧力計測の基準値となる静圧 P_0 はプロペラ上流に配置されている静圧孔からの圧力をとった。プロペラの作動状態は舵無しの際のプロペラ荷重と一致するプロペラ回転数に保ち、計測を行った。

3. 計測結果

舵表面圧力 P_1 は上述のプロペラから充分離れた位置の非攪乱流の静圧 P_0 を基準圧力として、次の様な無次元圧力係数 C_P (文献3~8の表記と異なる) で整理した。即ち、

$$C_P = \frac{P_1 - P_0}{\rho n^2 D^2}$$

である。

Figs.3(a)~(f)に、舵角 δ を $-20^\circ \sim 10^\circ$ の範囲で変化させた時の舵表面圧力分布を示す。ここで舵角 δ の符号は取り舵を正とする。○印及び●印はそれぞれ、左舷及び右舷側の圧力計測値である。

Figs.4(a)~(e)に舵角 $+20^\circ$ の場合の各スパン位置 (CHORD-A~E) での圧力分布を示す。

一方、Figs.5(a)~(e)に舵角 -20° の場合の同様な位置での圧力分布を示す。

4. 結言

本報の計測結果は著者の一人が死の前年にまとめた

ものであり、貴重なデータであるので、公表することとした。死後、早10年の月日が経過し、詳細な補足資料は既に散逸しており、完全なものとなっているとは言い難い。早過ぎた死を悼み、冥福を祈りつつ、ここに記す。

終わりに、本報告を発表することを強く勧められた北川弘光推進性能部部长並びに山崎隆介九州大学名誉教授に感謝致します。また、本報告の資料に関し、協力をして頂いた㈱西日本流体技研玉島正裕常務に謝意を表します。

参考文献

1. 右近良孝：“高速艇舵の流力特性とキャビテーション”、第48回秋季船舶技術研究所講演会議演集、(1986)
2. 右近良孝：“プロペラ・キャビテーションの研究の現状”、第54回秋季船舶技術研究所講演会講演集、(1989)
3. 森山文雄：“プロペラ性能の近似計算法について”、船舶技術研究所報告、第16巻、第6号、(1979)
4. 森山文雄、山崎隆介：“プロペラの舵におよぼす影響について”、西部造船会会報、第61号、(1981)
5. 森山文雄、菅井信夫：“舵付船の自航特性について—プロペラ荷重度の影響”、船舶技術研究所報告、第18巻、第3号、(1981)
6. 森山文雄、山崎隆介：“プロペラ後流中おかれた舵に働く力について”、西部造船会会報、第62号、(1981)
7. Moriyama, F. : “On the Effect of a Rudder on Propulsive Performance”, Journal of the Society of Naval Architects of Japan, No.150, (1981)
8. Yamazaki, R., Nakatake, K. & Moriyama, F. : “On the Mutual Interaction between the Screw Propeller and the Rudder”, Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University, Vol.45, No.1, (1985)
9. 右近良孝他：“キャビテーションを発生した三次元翼の圧力分布計測”、第32回秋季船舶技術研究所講演会講演集、(1978)

Table 1. Principal Dimensions of Propeller Models

PROP. MODEL NAME	MP-A	MP-B
DIAMETER (M)	0.2500	0.2389
PITCH RATIO (0.7R)	1.020	0.679
BOSS RATIO	0.180	0.179
EXP. AREA RATIO	0.650	0.661
BLADE THICK. RATIO	0.0500	0.0567
RAKE ANGLE	10°00'	7°17'
NO. OF BLADE	5	5
TYPE OF SECTION	MAU	AU

Table 2. Principal Dimensions of Rudder Models

RUDDER MODEL NAME	MR-1	MR-2	MR-3
CHORD LENGTH (M)	0.200	0.200	0.200
SPAN LENGTH (M)	0.300	0.300	0.300
ASPECT RATIO	1.50	1.50	1.50
MAX. THICKNESS (M)	0.018	0.030	0.050
TYPE OF SECTION	NACA0009	NACA0015	NACA0025

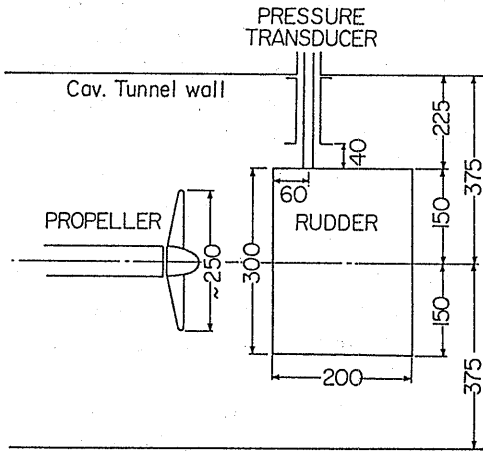


Fig. 1. Arrangement of Propeller and Rudder

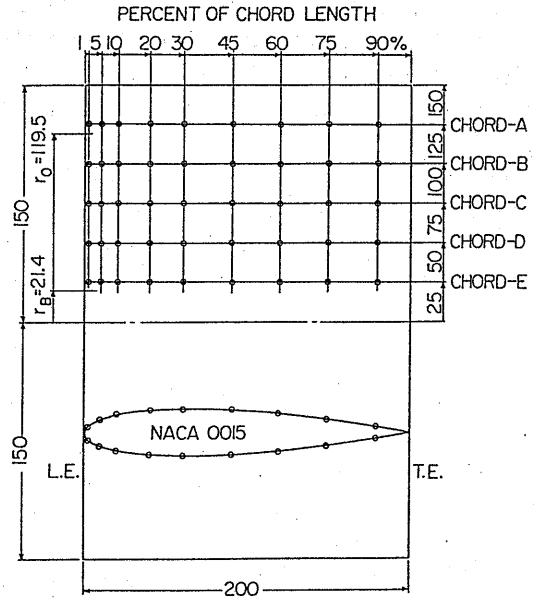


Fig. 2. Geometry of Rudder and Location of Pressure Taps on Rudder Surface.

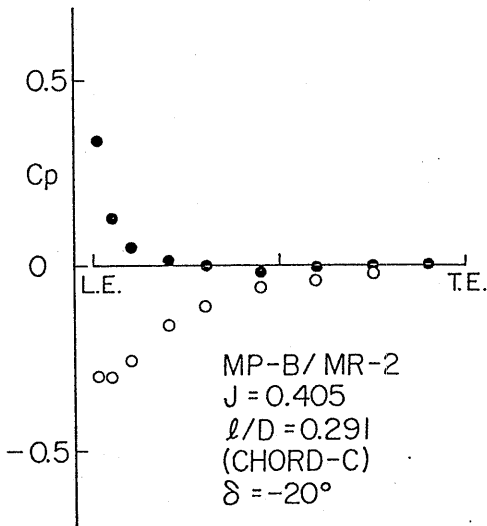


Fig. 3. (a) Pressure Distribution at the Location of Chord-C ($\delta = -20^\circ$)

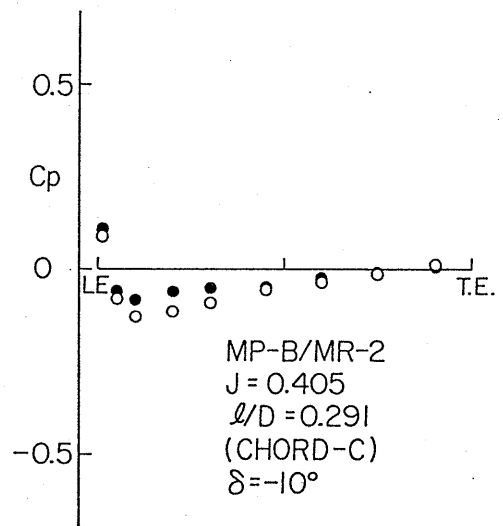


Fig. 3. (b) Pressure Distribution at the Location of Chord-C ($\delta = -10^\circ$)

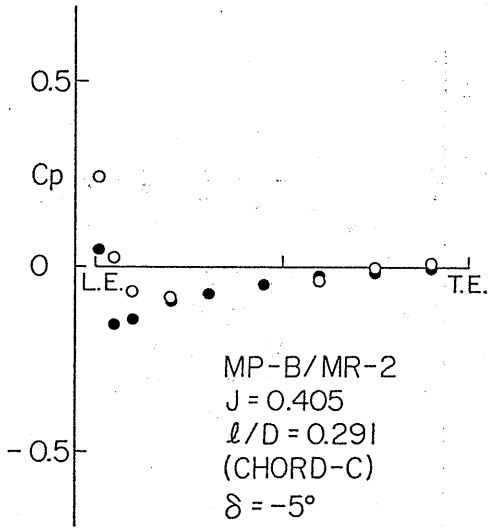


Fig. 3. (c) Pressure Distribution at the Location of Chord-C ($\delta = -5^\circ$)

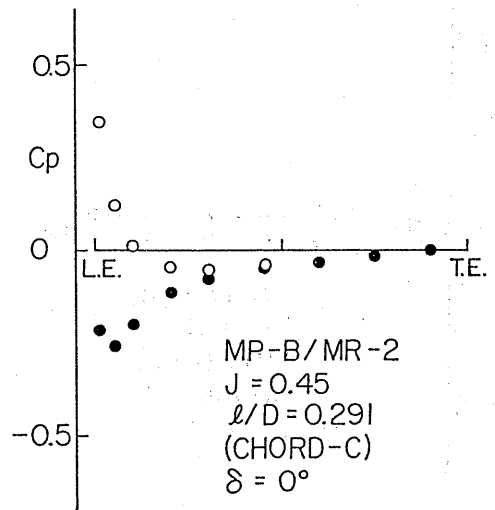


Fig. 3. (d) Pressure Distribution at the Location of Chord-C ($\delta = 0^\circ$)

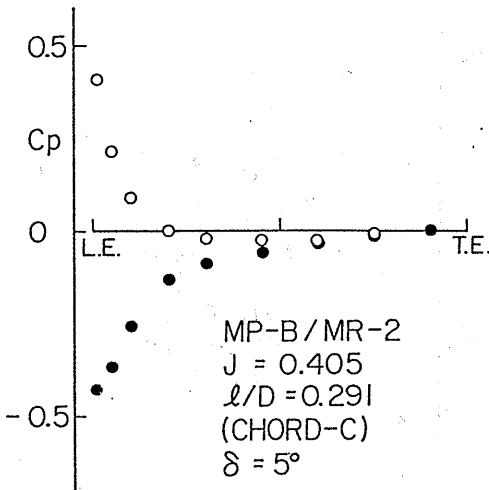


Fig. 3. (e) Pressure Distribution at the Location of Chord-C ($\delta = 5^\circ$)

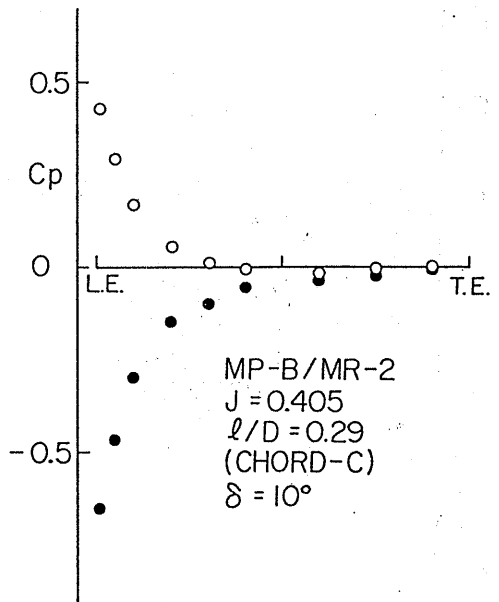


Fig. 3. (f) Pressure Distribution at the Location of Chord-C ($\delta = 10^\circ$)

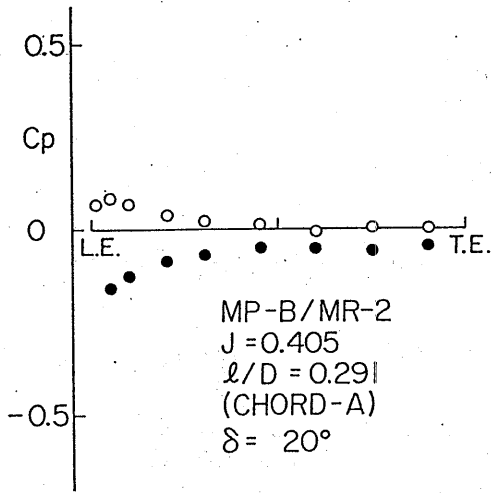


Fig. 4. (a) Pressure Distribution at Rudder Angle of 20° (Chord-A)

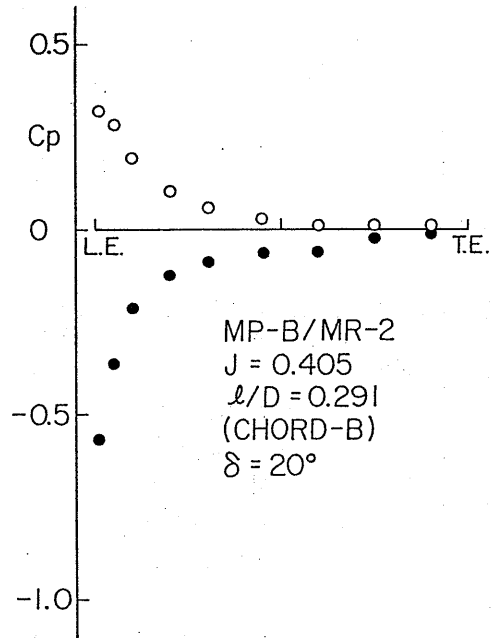


Fig. 4. (b) Pressure Distribution at Rudder Angle of 20° (Chord-B)

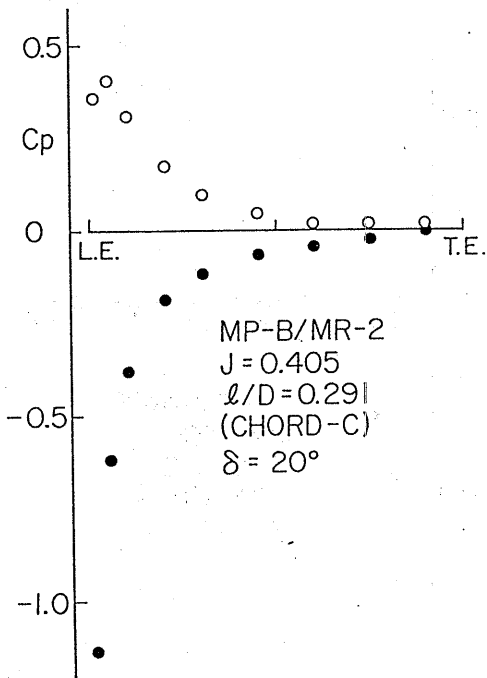


Fig. 4. (c) Pressure Distribution at Rudder Angle of 20° (Chord-C)

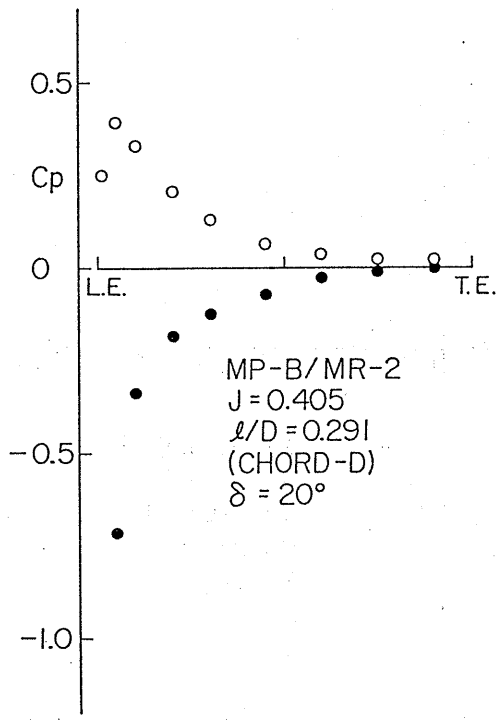


Fig. 4. (d) Pressure Distribution at Rudder Angle of 20° (Chord-D)

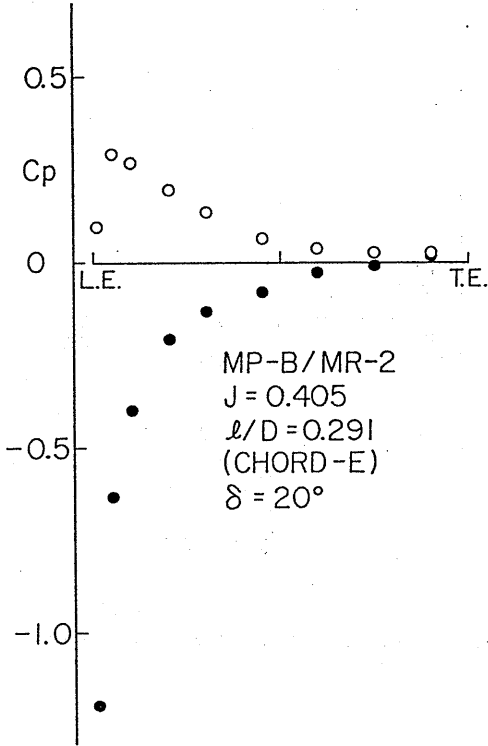


Fig. 4. (e) Pressure Distribution at Rudder Angle of 20° (Chord-E)

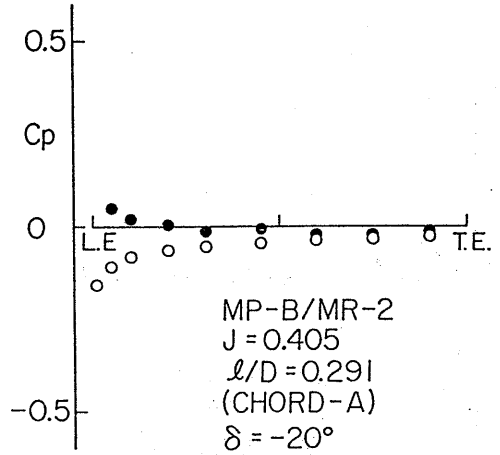


Fig. 5. (a) Pressure Distribution at Rudder Angle of -20° (Chord-A)

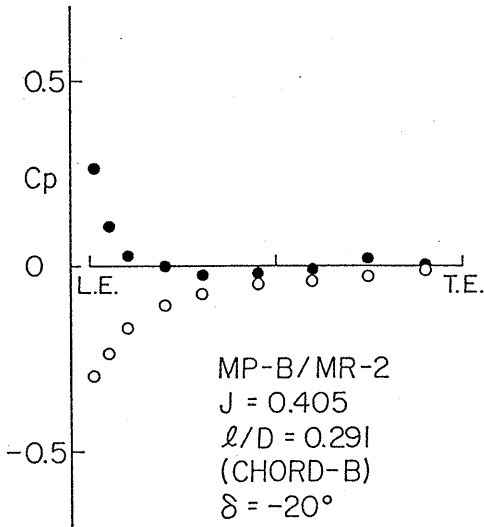


Fig. 5. (b) Pressure Distribution at Rudder Angle of -20° (Chord-B)

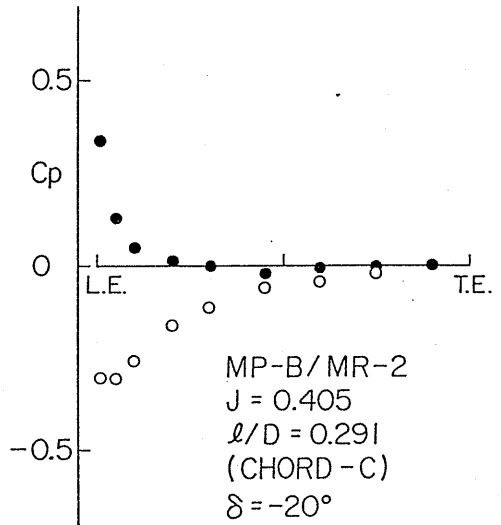


Fig. 5. (c) Pressure Distribution at Rudder Angle of -20° (Chord-C)

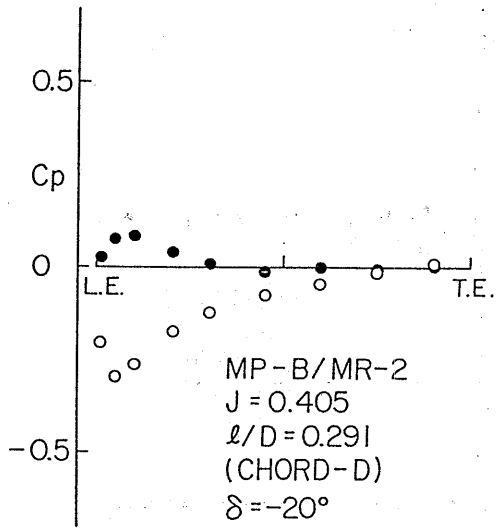


Fig. 5. (d) Pressure Distribution at Rudder Angle of -20° (Chord-D)

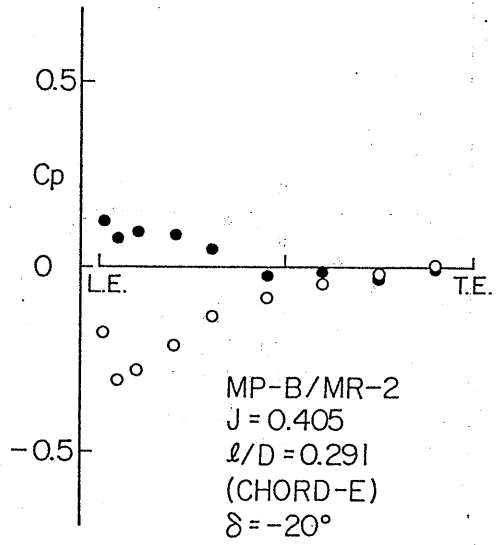


Fig. 5. (e) Pressure Distribution at Rudder Angle of -20° (Chord-E)