

矩形平板滑走面の最適寸法

概要

矩形平板滑走面については 著名な実験式があり、また 抗揚比は トリム角 α の値より、 α を使って 全抵抗最小の 寸法を求めて見る。

Savitsky によれば、矩形平板の揚力係数は

$$C_{L0} = \frac{\rho g V}{\frac{\rho}{2} V^2 B^2} = \left(\frac{180\alpha}{\pi} \right)^{1/2} \left[\frac{0.0120}{\sqrt{\lambda}} + \frac{0.0055}{\lambda^{1/2}} \frac{gB}{V^2} \right] \quad (1)$$

2.1 α はトリム (in rad), $\lambda = B/L$, B 幅, L 平均長さ

今 $\delta = V/L$, $F = V/\sqrt{gL}$ とおくと上式は

$$\frac{2\delta}{\lambda^2 F^2} = 1.031 \frac{\alpha^{1/2}}{\sqrt{\lambda}} \left(1 + \frac{4483}{\lambda F^2} \right) \quad (2)$$

従って 抗揚比

$$\varepsilon_F \div \alpha = 1.826 \left(\frac{\delta}{\sqrt{\lambda} (0.4583 + \lambda F^2)} \right)^{1/2} \quad (3)$$

一方 摩擦抵抗分は 前同様に

$$\varepsilon_F = C_F \frac{\lambda}{2\delta} F^2$$

と指定する。

δ と F を一定として損失を最小にするため、(5)

$$\frac{\partial}{\partial \lambda} (\varepsilon_p + \varepsilon_F) = 0 \quad (5)$$

で「等しい」なるから、(3)と(4)から

$$\frac{C_f}{2\delta} F^2 = \frac{\varepsilon_p}{2.2\lambda} \left(\frac{.4583 + 3\lambda F^2}{.4583 + \lambda F^2} \right) \quad (6)$$

あるいは(6)と移して

$$\varepsilon_F = \frac{\varepsilon_p}{2.2} \left(\frac{.4583 + 3\lambda F^2}{.4583 + \lambda F^2} \right) \quad (6')$$

この時

$$\text{Opt } \varepsilon = \varepsilon_p + \varepsilon_F = \frac{C_f \lambda F^2}{2\delta} \left(\frac{1.467 + 5.2\lambda F^2}{.4583 + 3\lambda F^2} \right) \quad (7)$$

(6)に(3)を代入して少し整理すると

$$C_f \left(\frac{\lambda}{\delta} \right)^{\frac{2.1}{11}} = \frac{1.66}{F^2} \lambda^{\frac{1}{2.2}} \left(\frac{.4583 + 3\lambda F^2}{(.4583 + \lambda F^2)^{\frac{2.1}{11}}} \right)$$

これから

$$(500 C_f)^{\frac{1.1}{2.1}} \frac{1}{\delta} = L / d_E = \frac{33.8 / \lambda^{\frac{1}{2.2}} (.4583 + 3\lambda F^2)^{\frac{1.1}{2.1}}}{F^{\frac{3.1}{2.1}} (.4583 + \lambda F^2)} \quad (8)$$

$$\frac{\delta^*}{\lambda} = \frac{d_E^*}{L} = \frac{d_E / L}{(500 C_f)^{\frac{1.1}{2.1}}} \quad , \quad \frac{d_E}{L} = \frac{\delta}{\lambda} \quad (9)$$

同様に(7)を少し整理して

$$\text{Opt } \varepsilon^* = \frac{\text{Opt } \varepsilon}{(500 C_f)^{\frac{1}{2.1}}} = \frac{\lambda^1 F^2}{1000 \delta^*} \left(\frac{1.467 + 5.2\lambda F^2}{.4583 + 3\lambda F^2} \right) \quad (10)$$

$$\delta^* = \delta / (500 C_f)^{\frac{1.1}{2.1}} \quad (11)$$

F	λ	.1	.2	.3	.4	.5	1.0	Error (%)
.7	L/d	43.03	51.87	57.64	61.82	64.98	73.08	
	$\delta^* \times 10^3$	2.324	3.856	5.204	6.471	7.695	13.68	
	$Opt \delta^*$	.1224	.1363	.1430	.1469	.1492	.1522	
	ϵ_H/ϵ	.3516	.3806	.4030	.4208	.4354	.4823	
1.0	L/d	30.28	36.07	39.30	41.28	42.54	44.41	
	$\delta^* \times 10^3$	3.303	5.545	7.534	9.640	11.75	22.52	
	$Opt \delta^*$	.07937	.08547	.08759	.08851	.09342	.08560	
	ϵ_H/ϵ	.3816	.4397	.4487	.4675	.4815	.5187	
1.3	L/d	23.23	26.93	28.51	29.34	29.67	29.28	
	$\delta^* \times 10^3$	4.304	7.427	10.50	13.63	16.85	34.15	
	$Opt \delta^*$	.05645	.05898	.05921	.05881	.05808	.05933	
	ϵ_H/ϵ	.4115	.4566	.4824	.4990	.5107	.5391	

前の結果からと比べると
(増えたり)

i) 係数 ϵ_H は $Opt \delta^*$ は 2桁位になつており、高は δ^* は

平板の方が小さくなっている。

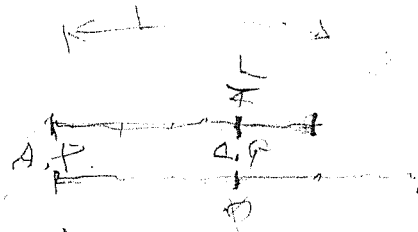
ii) $F=1$ では 10割程度前の方が低い。

この事から高速度で $F > 1$ では 船型の係数は1次元
は考えても意味がなく、 $F=1$ の範囲内では可成り
差があるといふ事になる。

また δ^* の平板の重心が前から $L/4$ 、 $L/3$
にあるのに対し、前では真中にあるといふ点
で大きな差がある。

即ち飛沫なし最適船型では速度が高くなると C_{pt} は
~~1.5~~ 高くなるが、平板では逆になる。

一方 重心位置が大分違うのでこれを揃えて比較する
 先に仮に平板の揚力中心が略々前端から $L/4$ と
 みなすと 飛沫なしでは中心であるから 平板のフルード数
 は $\sqrt{\frac{4}{8}}$ 倍して飛沫なしと比較すべき
 である。



そうすると次頁図のようになり $F=1.0$ を境にして

それより低速では平板が低速では飛沫なしがより本になる。

高速で飛沫なしが悪いのは平板に比して揚力が
 小さくなる為であろうと考えられる。^{反面} 更に同時に況下
 量も大きい (上昇量が少なり) ので 耐打性はよいと考
 えられる。

別の面から言えば 高速では造波抵抗はうんと減少し
 また飛沫抵抗も摩擦抵抗に比して相対的に小さく
 なるので 揚力の大きい方が性能がよいのであろう。
 この点を確かめる為以下 造波抵抗を無視して

細長管理論を適用し同じ問題を考えてみる。

揚力係数は

$$C_L = \frac{\rho F V}{\frac{1}{2} \rho V^2 L B} = \frac{\pi}{4} \lambda \alpha, \quad (12)$$

つまり $\varepsilon_F \div \alpha = \frac{\rho \delta}{\pi \lambda^2 F^2}, \quad (13)$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \lambda} = 0 \text{ から}$$

$$\frac{C_F}{2\delta} F^2 = \frac{16}{\pi} \frac{\delta}{\lambda^3 F^2}, \quad \varepsilon_F = 2 \varepsilon_F, \quad (14)$$

これから

$$\frac{\lambda}{\delta} = \left(\frac{32}{\pi C_F \delta F^2} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad (15)$$

or $\frac{\lambda}{\delta} (500 C_F)^{\frac{1}{3}} = \frac{17.21}{\delta^{\frac{1}{3}} F^{\frac{2}{3}}}, \quad (15')$

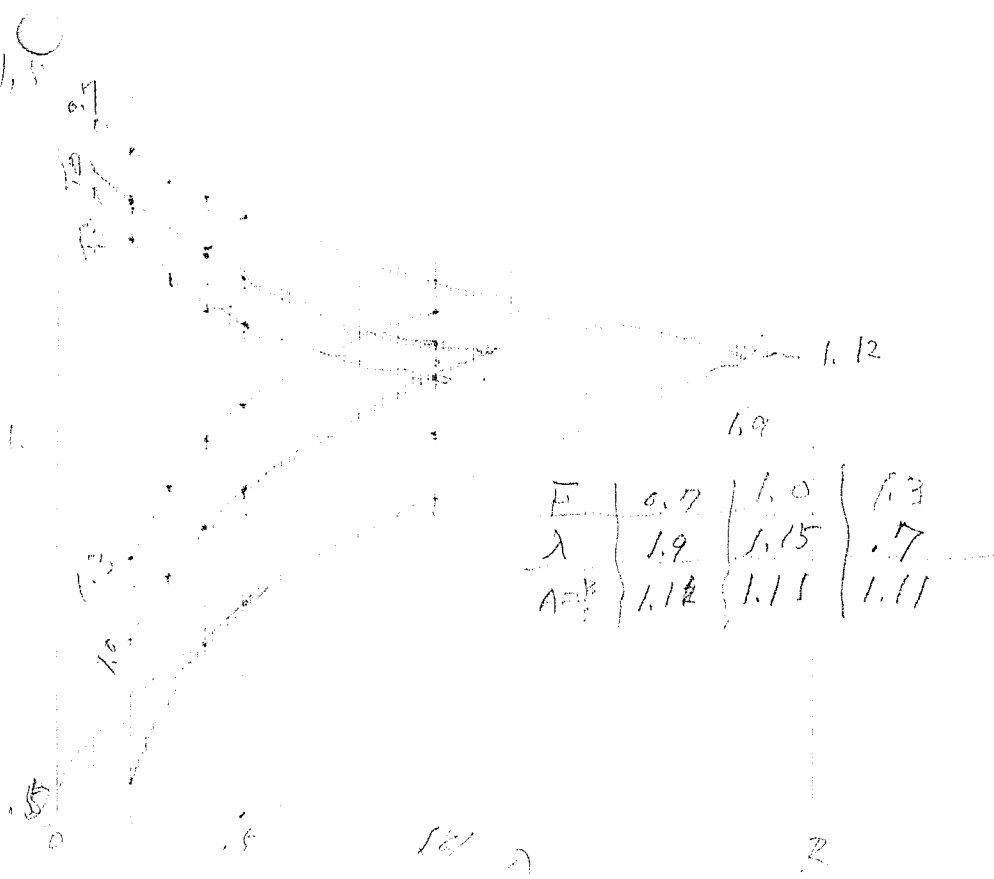
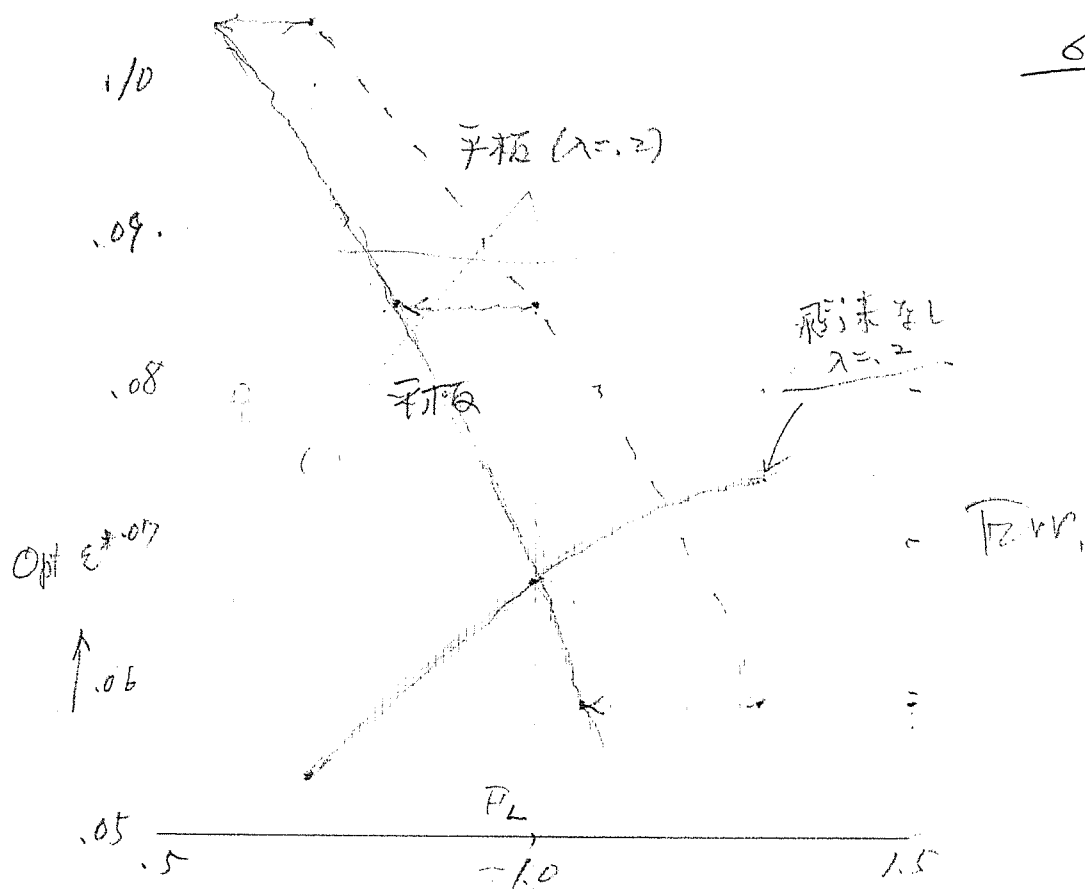
また $\text{Opt } \varepsilon = 1.5 \varepsilon_F = 3 \varepsilon_F = \frac{1.5 C_F}{2\delta} \lambda F^2. \quad (16)$

(15) を代入すると

$$\frac{\text{Opt } \varepsilon}{(500 C_F)^{\frac{1}{3}}} = 0.02581 \frac{F^{\frac{2}{3}}}{\delta^{\frac{1}{3}}}, \quad (16')$$

これらの値は前々頁表に比し大層大きい。が、 λ の大きい方が
は段々近づいて来る傾向があるように。(12)式が小さすぎる?
いづれにしても (14) により $\varepsilon_F = \frac{\varepsilon_F}{2}$ である。

6



$\bar{E}$	0.7	1.0	1.3
λ	1.9	1.15	.7
$A=\frac{E}{\lambda}$	1.12	1.11	1.11

$F=1$

	1	2	3	4	5	
(1) $\frac{1}{\sqrt{2}}$	.5780	.5817	.7508	.8040	.8409	/
(2) $.4583 + \lambda F$	.5583	.6583	.7583	.8583	.9583	1.4583
(3) $(.4583 + 3\lambda F)^{\frac{1}{3}}$	.8651	1.0301	1.1780	1.3033	1.4220	1.9154
$\frac{1}{\delta} \textcircled{1} \div \textcircled{2} \times \textcircled{3}$	30.28	36.07	39.30	41.28	42.54	44.41
$\delta \times \lambda \times 10^3$	3.303	3.545	7.634	9.690	11.75	22.52
$.4583 + 3\lambda F = L$	.7583	1.0583	1.3583	1.6583	1.9583	3.4583
$\epsilon F / \epsilon$	.3816	.4397	.4487	.4675	.4815	.5187
$1.467 + 5.07\lambda$	1.987	2.407	3.027	3.547	4.067	6.667
$\text{pte} \div (.4583 + \lambda F) \times F^{\frac{1}{3}}$	.1078	.1374	.1569	.1710	.1805	.2030
	.07937	.08547	.08759	.08851	.09342	.08560

$\times \epsilon^{\frac{1}{3}}$

$F=1.7$

$F^2=2.89$

$F^{\frac{2}{3}} = .6882$

$33.81 / F^{\frac{2}{3}} = 49.13$

	1	2	3	4	5	
$\epsilon F / \epsilon$	.3576	.3806	.4030	.4208	.4354	.4803
(1) $.4583 + .49\lambda$	.5073	.5563	.6053	.6543	.7033	.9483
(2) $(.4583 + 1.47\lambda)^{\frac{1}{3}}$	.7688	.8615	.9459	1.0240	1.0970	1.4105
(5006) $\frac{1}{\delta} \textcircled{1} \div \textcircled{2}$	43.03	51.87	57.64	61.82	64.98	173.08
(5006) $\frac{1}{\delta} \times 10^3$	2.324	3.856	5.204	6.471	7.695	13.68
$.4583 + 1.47\lambda$	.6053	.7523	.8993	1.0463	1.1933	1.9283
$1.467 + 2.548\lambda$	1.7218	1.9766	2.2314	2.4862	2.7410	4.015
$\div \textcircled{1} \times \textcircled{3} = \frac{\text{pte}}{\epsilon}$	.1460	.1843	.2125	.2349	.2532	.3094
	.1224	.1363	.1430	.1469	.1492	.1522

$F=1.3 \quad F^2=1.69 \quad F^{\frac{2}{3}}=1.3163$

$33.8 / F^{\frac{2}{3}} = 25.685$

	1	2	3	4	5	
(1) $.4583 + 1.69\lambda$	.6273	.7963	.9653	1.1343	1.3033	2.1483
(.4583 + 5.07 λ) $\frac{1}{\delta}$	.9817	1.2246	1.4299	1.6114	1.7759	2.4489
(3) $(\quad) \frac{1}{\delta}$	23.23	26.93	28.57	29.34	29.67	29.28
(.) $\delta \times 10^3$	4304	7.427	10.50	13.63	16.85	34.15
$.4583 + 5.07\lambda$	.9653	1.4723	1.9993	2.4863	2.9933	5.5283
$1.467 + 8.788\lambda$	2.3458	3.2246	4.1034	4.9822	5.861	10.255
$\div \textcircled{1} \times \textcircled{3} = \frac{\text{pte}}{\epsilon}$	.08687	.10905	.1214	.1289	.1334	.1398
	.05645	.05898	.05921	.05881	.05808	.05433
$\epsilon F / \epsilon$	.4115	.4566	.4824	.4990	.5107	.5391

$\epsilon F / \epsilon$ $\epsilon F / \epsilon$ $\epsilon F / \epsilon$ $\epsilon F / \epsilon$ $\epsilon F / \epsilon$ $\epsilon F / \epsilon$

F	項目 \ λ	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0
0.7	L/dE^*	43.03	51.86	57.64	61.82	64.97	73.07
	δ^*	0.002324	0.003856	0.005205	0.006471	0.007696	0.01369
	$OptE^*$	0.05997	0.06677	0.07008	0.07197	0.07313	0.07455
	$E_F/OptE$	0.3516	0.3806	0.4030	0.4208	0.4354	0.4803
1.0	L/dE^*	30.28	36.07	39.30	41.28	42.54	44.41
	δ^*	0.003303	0.005545	0.007634	0.009690	0.01175	0.02252
	$OptE^*$	0.07934	0.08543	0.08758	0.08829	0.08834	0.08561
	$E_F/OptE$	0.3816	0.4221	0.4487	0.4675	0.4815	0.5187
1.3	L/dE^*	23.23	26.93	28.57	29.34	29.67	29.28
	δ^*	0.004305	0.007428	0.01050	0.01364	0.01685	0.03415
	$OptE^*$	0.09541	0.09966	0.1001	0.09935	0.09819	0.09179
	$E_F/OptE$	0.4115	0.4566	0.4824	0.4990	0.5107	0.5391

*は、 $C_F=0.02$ として計算

