(昭和 47 年 5 月日本造船学会春季講演会において講演)

3 翼プロペラの系統的単独試験

正員 矢崎 敦生* 正員 中 島 稔**
正員 菅 野 博 志**

Systematic series test of the modern three-bladed propeller models

by Atsuo Yazaki, *Member* Minoru Nakashima, *Member*
Hiroshi Sugano, *Member*

Summary

The authors present in this text the results of systematic series test of the modern three-bladed propeller models. The results of test are given in the form of the $J-K_T, K_Q, \eta_0$ diagrams and the $\sqrt{B_P}-\delta$ type design charts. This three-bladed propeller series is called N-AU 3 Series.

1 序 言

4 翼ないし 6 翼プロペラについては、AU 型シリーズとして、いろいろな図表類が用意され、貨物船・タンカーなどのプロペラの設計等に広く利用されている。ところが、3 翼プロペラについては、漁船や小型貨物船などに多く使われているにもかかわらず、近代的なプロペラシリーズとしての設計図表類が不足しているのが現状である。

著者らは、このギャップを埋めるために、Modified AU 型シリーズの 3 翼プロペラを計画し、これについて模型プロペラによる系統的単独試験を行ない、その結果に基づいて $\sqrt{B_P}-\delta$ 形式の設計図表などを作成した。

2 模型プロペラおよび単独試験

系統的単独試験に使用した模型プロペラは、Table 1 にかかげるような主要目を持つアルミニウム合金製のものであつて、直径はいずれも 250 mm である。展開面積比は、0.35 と 0.50 の 2 種である。翼断面形状は、Modified AU タイプである。

模型プロペラの展開形状などを Fig. 1 に示した。試験時の模型プロペラの回転数は毎秒約 9 回転で、水温は約 20°C であつたから、 nD^2/ν で表わしたレイノルズ数は約 5.6×10^5 である。試験は目白水槽慣用の方法¹⁾で行なつた。

単独試験による計測値のうち、スラストについてはプロペラのボスの抵抗に対する修正をほどこして、プロペラ翼の発生するスラストを求めた。

3 試験結果および設計図表

上記の試験結果を、 $J-K_T, K_Q, \eta_0$ 図の形でまとめて、Fig. 2, Fig. 3 に示した。

また、この図面から読みとつた主要な J の値における K_T, K_Q および η_0 の値を Table 2, Table 3 にかかげた。

また、これを基にして作成した $\sqrt{B_P}-\delta$ 形式の設計

Table 1 Particulars of Model propellers

	N-AU 3-35, 50
Diameter (m)	0.250
Boss ratio	0.180
Exp. Area ratio	0.35, 0.50
Max. Blade width ratio	0.267, 0.381
Blade thickness ratio	0.050
Angle of rake	10°00'
Number of blades	3
Reynolds number	$5.557 \sim 5.672 \times 10^5$

* (財)日本造船技術センター

** ナカヤマプロペラ株式会社

Fig. 3 J - K_T , K_Q , η_0 Curves (N-AU 3-50)

Fig. 4 $\sqrt{B_P}$ - δ Type Design Chart (N-AU 3-35)

Table 2 J - K_T , K_Q , η_0 Values

H/D J	0.4			0.5			0.6			0.7		
	K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0
0	0.1410	0.1025	0	0.1840	0.1450	0	0.2260	0.1980	0	0.2660	0.2590	0
0.05	0.1315	0.0978	0.1071	0.1740	0.1400	0.0689	0.2150	0.1900	0.0901	0.2548	0.2488	0.0815
0.10	0.1202	0.0920	0.2078	0.1625	0.1340	0.1928	0.2035	0.1820	0.1780	0.2425	0.2382	0.1619
0.15	0.1099	0.0870	0.3019	0.1505	0.1270	0.2832	0.1910	0.1730	0.2648	0.2300	0.2275	0.2416
0.20	0.0970	0.0800	0.3854	0.1370	0.1190	0.3661	0.1790	0.1650	0.3450	0.2175	0.2175	0.3180
0.25	0.0830	0.0720	0.4588	0.1228	0.1100	0.4441	0.1646	0.1550	0.4226	0.2035	0.2064	0.3920
0.30	0.0687	0.0640	0.5120	0.1089	0.1014	0.5123	0.1490	0.1440	0.4937	0.1890	0.1954	0.4610
0.35	0.0537	0.0560	0.5336	0.0938	0.0920	0.5680	0.1340	0.1340	0.5570	0.1742	0.1843	0.5260
0.40	0.0366	0.0455	0.5121	0.0770	0.0810	0.6052	0.1176	0.1225	0.6111	0.1580	0.1720	0.5850
0.45	0.0190	0.0350	0.3888	0.0600	0.0700	0.6137	0.1009	0.1110	0.6510	0.1420	0.1600	0.6350
0.50	0.0015	0.0230	0.0519	0.0420	0.0570	0.5865	0.0827	0.0980	0.6720	0.1244	0.1460	0.6780
0.55				0.0230	0.0425	0.4735	0.0643	0.0840	0.6700	0.1065	0.1320	0.7060
0.60				0.0035	0.0250	0.1337	0.0455	0.0690	0.6297	0.0876	0.1160	0.7210
0.65							0.0256	0.0520	0.5093	0.0688	0.1000	0.7120
0.70							0.0055	0.0335	0.1829	0.0490	0.0820	0.6660
0.75										0.0280	0.0600	0.5571
0.80										0.0065	0.0375	0.2207
0.85												
0.90												
0.95												
1.00												
1.05												
1.10												
1.15												
1.20												
1.25												
1.30												

 $H/D=0.5, 0.7, 0.9, 1.1$; InterpolatedTable 3 J - K_T , K_Q , η_0 Values

H/D J	0.4			0.5			0.6			0.7		
	K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0
0	0.1410	0.0960	0	0.1890	0.1460	0	0.2370	0.2040	0	0.2840	0.2750	0
0.05	0.1290	0.0925	0.1110	0.1760	0.1405	0.0997	0.2235	0.1960	0.0908	0.2697	0.2644	0.0812
0.10	0.1157	0.0875	0.2100	0.1625	0.1340	0.1929	0.2092	0.1886	0.1764	0.2545	0.2532	0.1598
0.15	0.1025	0.0825	0.2970	0.1480	0.1263	0.2792	0.1940	0.1800	0.2576	0.2390	0.2420	0.2360
0.20	0.0880	0.0767	0.3650	0.1330	0.1186	0.3568	0.1785	0.1697	0.3345	0.2230	0.2300	0.3083
0.25	0.0737	0.0700	0.4188	0.1175	0.1095	0.4270	0.1620	0.1585	0.4068	0.2065	0.2170	0.3788
0.30	0.0580	0.0623	0.4440	0.1017	0.1000	0.4850	0.1450	0.1470	0.4710	0.1890	0.2030	0.4441
0.35	0.0420	0.0536	0.4365	0.0850	0.0900	0.5260	0.1273	0.1340	0.5290	0.1715	0.1890	0.5054
0.40	0.0240	0.0433	0.3530	0.0670	0.0780	0.5472	0.1101	0.1215	0.5770	0.1535	0.1740	0.5620
0.45	0.0065	0.0320	0.1454	0.0485	0.0650	0.5343	0.0908	0.1066	0.6100	0.1345	0.1580	0.6095
0.50				0.0285	0.0505	0.4495	0.0717	0.0913	0.6250	0.1150	0.1410	0.6490
0.55				0.0080	0.0350	0.2000	0.0520	0.0750	0.6069	0.0955	0.1240	0.6740
0.60							0.0318	0.0577	0.5263	0.0760	0.1060	0.6850
0.65							0.0108	0.0396	0.2821	0.0560	0.0870	0.6662
0.70										0.0345	0.0660	0.5823
0.75										0.0140	0.0460	0.3634
0.80												
0.85												
0.90												
0.95												
1.00												
1.05												
1.10												
1.15												
1.20												
1.25												
1.30												

 $H/D=0.5, 0.7, 0.9, 1.1$; Interpolated

N-AU 3-35

0.8			0.9			1.0			1.1			1.2		
K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0
0.3045	0.3300	0	0.3415	0.4080	0	0.3777	0.4990	0	0.4115	0.6000	0	0.4440	0.7160	0
0.2931	0.3175	0.0735	0.3295	0.3950	0.0664	0.3655	0.4840	0.0601	0.4000	0.5825	0.0550	0.4327	0.6980	0.0494
0.2815	0.3060	0.1463	0.3175	0.3820	0.1320	0.3530	0.4680	0.1201	0.3870	0.5650	0.1089	0.4200	0.6780	0.0986
0.2688	0.2935	0.2189	0.3045	0.3675	0.1980	0.3410	0.4520	0.1803	0.3745	0.5475	0.1630	0.4080	0.6590	0.1480
0.2562	0.2815	0.2894	0.2912	0.3530	0.2623	0.3275	0.4360	0.2391	0.3612	0.5300	0.2170	0.3950	0.6390	0.1966
0.2425	0.2690	0.3588	0.2784	0.3396	0.3263	0.3140	0.4200	0.2976	0.3480	0.5125	0.2700	0.3810	0.6185	0.2452
0.2280	0.2560	0.4253	0.2645	0.3250	0.3880	0.3000	0.4046	0.3541	0.3340	0.4940	0.3230	0.3675	0.5975	0.2937
0.2130	0.2430	0.4883	0.2496	0.3100	0.4484	0.2855	0.3880	0.4099	0.3195	0.4750	0.3750	0.3535	0.5775	0.3410
0.1970	0.2290	0.5478	0.2345	0.2950	0.5060	0.2705	0.3713	0.4638	0.3050	0.4575	0.4250	0.3395	0.5565	0.3886
0.1810	0.2154	0.6019	0.2190	0.2800	0.5600	0.2556	0.3540	0.5170	0.2900	0.4380	0.4740	0.3240	0.5355	0.4331
0.1643	0.2010	0.6505	0.2030	0.2640	0.6122	0.2389	0.3360	0.5660	0.2745	0.4180	0.5230	0.3086	0.5128	0.4790
0.1473	0.1860	0.6929	0.1860	0.2475	0.6580	0.2231	0.3190	0.6120	0.2580	0.3980	0.5670	0.2930	0.4907	0.5225
0.1286	0.1693	0.7253	0.1698	0.2300	0.6990	0.2063	0.2997	0.6575	0.2420	0.3780	0.6110	0.2770	0.4682	0.5650
0.1101	0.1525	0.7480	0.1507	0.2125	0.7340	0.1890	0.2800	0.6986	0.2258	0.3585	0.6520	0.2606	0.4466	0.6040
0.0918	0.1345	0.7600	0.1329	0.1940	0.7630	0.1720	0.2606	0.7353	0.2095	0.3375	0.6920	0.2446	0.4241	0.6425
0.0725	0.1150	0.7530	0.1146	0.1750	0.7820	0.1542	0.2400	0.7670	0.1930	0.3170	0.7270	0.2280	0.4003	0.6800
0.0525	0.0940	0.7110	0.0957	0.1555	0.7835	0.1363	0.2197	0.7900	0.1760	0.2950	0.7594	0.2110	0.3765	0.7135
0.0310	0.0710	0.5910	0.0760	0.1335	0.7702	0.1178	0.1990	0.8010	0.1581	0.2725	0.7850	0.1945	0.3540	0.7435
0.0100	0.0470	0.3050	0.0561	0.1100	0.7300	0.0982	0.1760	0.7990	0.1402	0.2500	0.8030	0.1770	0.3292	0.7700
			0.0350	0.0850	0.6255	0.0785	0.1520	0.7810	0.1208	0.2250	0.8120	0.1597	0.3045	0.7930
			0.0135	0.0585	0.3674	0.0585	0.1265	0.7361	0.1013	0.2000	0.8060	0.1412	0.2779	0.8090
									0.0375	0.0990	0.6330	0.0821	0.1740	0.7880
												0.1235	0.2523	0.8180
									0.0170	0.0700	0.4253	0.0615	0.1450	0.7427
												0.1045	0.2241	0.8165
										0.0415	0.1160	0.6548	0.0850	0.1945
											0.0205	0.0860	0.4553	0.0650
												0.1650	0.7525	
												0.0440	0.1333	0.6540
												0.0225	0.0990	0.4703

N-AU 3-50

0.8			0.9			1.0			1.1			1.2		
K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0	K_T	$10 K_Q$	η_0
0.3290	0.3580	0	0.3730	0.4550	0	0.4153	0.5673	0	0.4570	0.6960	0	0.4950	0.8373	0
0.3145	0.3465	0.0723	0.3580	0.4390	0.0649	0.4000	0.5475	0.0580	0.4430	0.6730	0.0524	0.4815	0.8115	0.0472
0.2990	0.3325	0.1432	0.3425	0.4220	0.1290	0.3850	0.5280	0.1161	0.4270	0.6480	0.1048	0.4667	0.7843	0.0947
0.2835	0.3180	0.2131	0.3265	0.4050	0.1930	0.3695	0.5080	0.1738	0.4115	0.6260	0.1571	0.4520	0.7575	0.1426
0.2667	0.3030	0.2802	0.3100	0.3875	0.2540	0.3530	0.4875	0.2305	0.3950	0.6020	0.2086	0.4360	0.7300	0.1902
0.2497	0.2875	0.3460	0.2930	0.3690	0.3160	0.3365	0.4670	0.2868	0.3785	0.5780	0.2606	0.4200	0.7025	0.2380
0.2325	0.2715	0.4089	0.2756	0.3505	0.3750	0.3192	0.4450	0.3422	0.3608	0.5525	0.3115	0.4030	0.6745	0.2852
0.2150	0.2550	0.4696	0.2580	0.3320	0.4330	0.3010	0.4225	0.3966	0.3439	0.5280	0.3630	0.3855	0.6465	0.3321
0.1970	0.2373	0.5285	0.2397	0.3125	0.4885	0.2826	0.4000	0.4491	0.3250	0.5025	0.4120	0.3667	0.6175	0.3780
0.1780	0.2190	0.5820	0.2208	0.2925	0.5410	0.2640	0.3775	0.5007	0.3065	0.4770	0.4601	0.3480	0.5880	0.4240
0.1585	0.2010	0.6280	0.2031	0.2730	0.5921	0.2448	0.3537	0.5510	0.2870	0.4500	0.5077	0.3285	0.5590	0.4676
0.1390	0.1820	0.6685	0.1823	0.2500	0.6380	0.2250	0.3290	0.5980	0.2675	0.4230	0.5533	0.3092	0.5295	0.5110
0.1193	0.1620	0.7032	0.1623	0.2280	0.6800	0.2050	0.3060	0.6400	0.2478	0.3965	0.5968	0.2893	0.5000	0.5525
0.0987	0.1415	0.7216	0.1430	0.2060	0.7142	0.1845	0.2810	0.6800	0.2270	0.3690	0.6368	0.2693	0.4704	0.5925
0.0780	0.1200	0.7242	0.1215	0.1830	0.7396	0.1650	0.2560	0.7148	0.2070	0.3420	0.6744	0.2490	0.4400	0.6305
0.0575	0.0990	0.6932	0.1010	0.1600	0.7538	0.1447	0.2307	0.7434	0.1865	0.3140	0.7093	0.2290	0.4100	0.6669
0.0360	0.0765	0.5992	0.0801	0.1360	0.7500	0.1240	0.2060	0.7663	0.1660	0.2860	0.7388	0.2090	0.3800	0.7003
0.0140	0.0530	0.3574	0.0590	0.1120	0.7130	0.1030	0.1794	0.7767	0.1460	0.2580	0.7655	0.1886	0.3490	0.7310
			0.0380	0.0875	0.6220	0.0820	0.1533	0.7661	0.1258	0.2300	0.7830	0.1686	0.3195	0.7559
			0.0170	0.0620	0.4150	0.0610	0.1265	0.7290	0.1049	0.2010	0.7890	0.1487	0.2890	0.7780
									0.0395	0.0993	0.6332	0.0850	0.1730	0.7820
												0.1283	0.2572	0.7940
									0.0190	0.0715	0.4471	0.0640	0.1430	0.7480
												0.1079	0.2260	0.7980
										0.0430	0.1125	0.6690	0.0871	0.1945
												0.7840		
										0.0220	0.0830	0.4850	0.0657	0.1620
												0.7422		
												0.0445	0.1300	0.6537
												0.0233	0.0975	0.4754

Fig. 5 $\sqrt{B_P} - \delta$ Type Design Chart (N-AU 3-50)

図表を Fig. 4, Fig. 5 にかかげた。

これらの図表中における記号は、次のような定義を持つている。

前進係数: $J = v_A / nD$

スラスト係数: $K_T = T / \rho n^2 D^4$

トルク係数: $K_Q = Q / \rho n^2 D^5$

プロペラ単独効率: $\eta_0 = JK_T / 2\pi K_Q$

出力係数: $B_P = NP^{0.5} / V_A^{2.5}$

直径係数: $\delta = ND / V_A$

ここに、 v_A : プロペラの前進速度 (m/sec), n : プロペラの毎秒回転数, D : プロペラの直径 (m), N : プロペラの毎分回転数, P : プロペラに伝えられる馬力 (PS), V_A : プロペラの前進速度 (ノット), T : スラスト (kg), Q : トルク (kg-m), ρ : 流体の密度 ($\text{kg} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$) である。

なお、 $\sqrt{B_P} - \delta$ 形式設計図表の作成に当つては、流体として海水を想定し、その密度を $104.51 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$ とした。

参 考 文 献

- 1) 矢崎敦生: A U 型プロペラ設計法に関する研究, 運研報告 11/7, 1961