

4, 5, 6 翼模型プロペラに対する ベアリング・フォースの計測例

松 葉 順・島 田 秀 三

A Measurement of Propeller Bearing Force on 4, 5, 6-Bladed Model Propellers

by

June MATSUBA and Shuzou SHIMADA

Summary

This report shows results of measurement of propeller bearing force which is one of propeller exciting forces.

Some techniques how to measure accurately small amplitude and high frequency forces and moments have been developed with harmony of sensitivities and stiffness of measuring system.

For direct measurement of propeller bearing force, a 6-component dynamometer of revolving type was used. The device is easy to handle, similar to the conventional propeller dynamometer.

1. ま え が き

模型試験において、プロペラ起振力の一つであるベアリング・フォースの計測は、測定系の固有振動が問題になる上、微小量を取扱う困難さがある。これまでに、これらの問題を乗り越えて各種の計測法が開発されてきた。

当センターにおいても従来の自航動力計なみに取り扱える回転型6分力計がSR 183部会の協力を得て開発され^{1),2)}模型プロペラのベアリング・フォース計測について実用に供することが出来るようになった。

本報告では、上記の計測器を用い、1軸肥大船型に対応する模型船に対し、4翼、5翼、6翼の3種の模型プロペラについて、模型プロペラのベアリング・フォースの計測を行ない、比較したので、その概要を報告する。なお、これらの計測経験から、当センターにおけるベアリング・フォース計測法の問題点について、若干の考察を行なったので、併せて報告する。

2. 供 試 模 型

使用した模型船は、載荷重量約6万トンの1軸肥大船に対応する垂線間長さ6.358mのパラフィン製で、

Table 1 Principal Particulars of Model Propellers

M.P. No.	4	5	6
Dia. (m)	0.1800		0.1857
Pitch ratio	0.700		
Exp. area ratio	0.550	0.650	0.6485
Boss ratio	0.180		
Blade section	AU		
Number of blades	4	5	6
Weight (g)	614	664	734

模型プロペラは、Table 1 に示す主要目を有する当センターのストック・プロペラである。これらの模型プロペラの材質は、プロペラ合金であるため、その重量は、アルミニウム合金製のものに比べ、約2倍となっている。

3. 曳航水槽における試験

3.1 計測方法および計測結果

模型試験におけるベアリング・フォースの計測に

は、各種の方法が開発されているが、当センターのものは、直接プロペラ・シャフトにかかる力及びモーメントを同時計測した後、座標変換を行なって、船体固定系座標の6分力に直す方式である。動力計は、本体と駆動部との分離型であり、防振対策を施した上、パラフィン製の模型船に固定され、回転伝達用のカップリングとしては、ユニバーサル・ジョイントを使用した。さらに、防振および軸受の冷却を兼ねて、船尾の

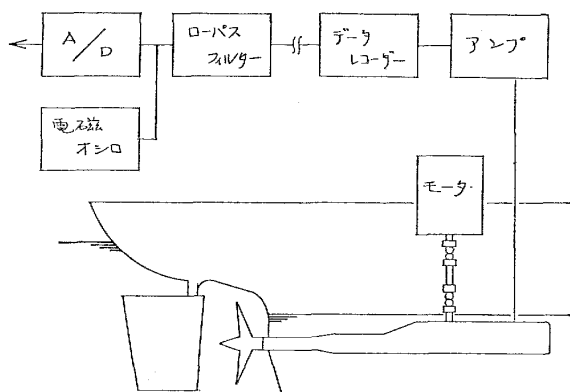


Fig. 1 Block Diagram of Measuring System

一部に動力計本体が没水する深さの 15 cm まで約 50 l の水を入れた。なお、本計測装置の機構や計測方法等については、文献 (1) および (2) に詳細に報告されている。計測システムを Fig. 1 に示す。

試験は、満載状態について実施した。

3.2 解析および結果

模型試験により得られたデータの解析は次の手順により行なった。

- (1) 回転数、翼数に応じて 100~120 Hz (-3 dB) の

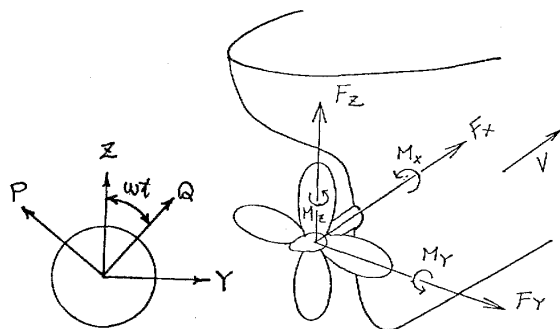
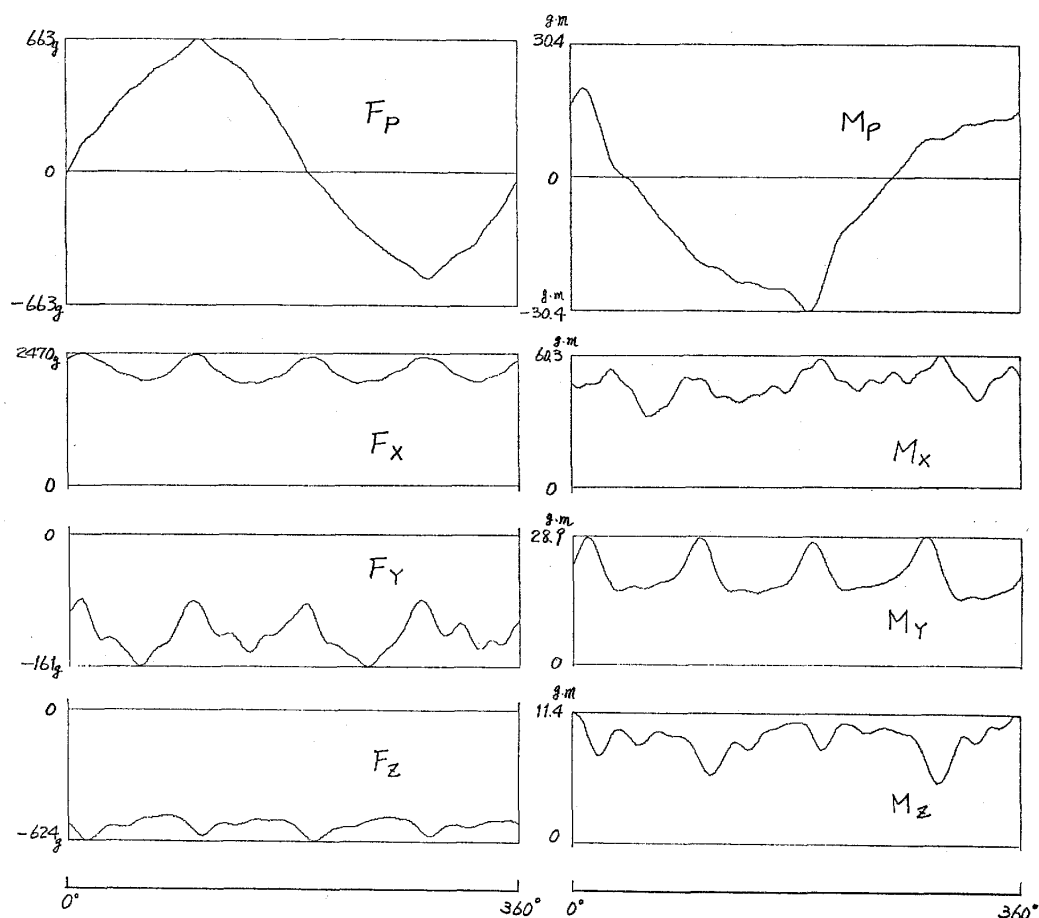


Fig. 2 Co-ordinate System

Fig. 3 Example of Reinforced Signals of M.P. No. 4 ($F_n=0.163$)

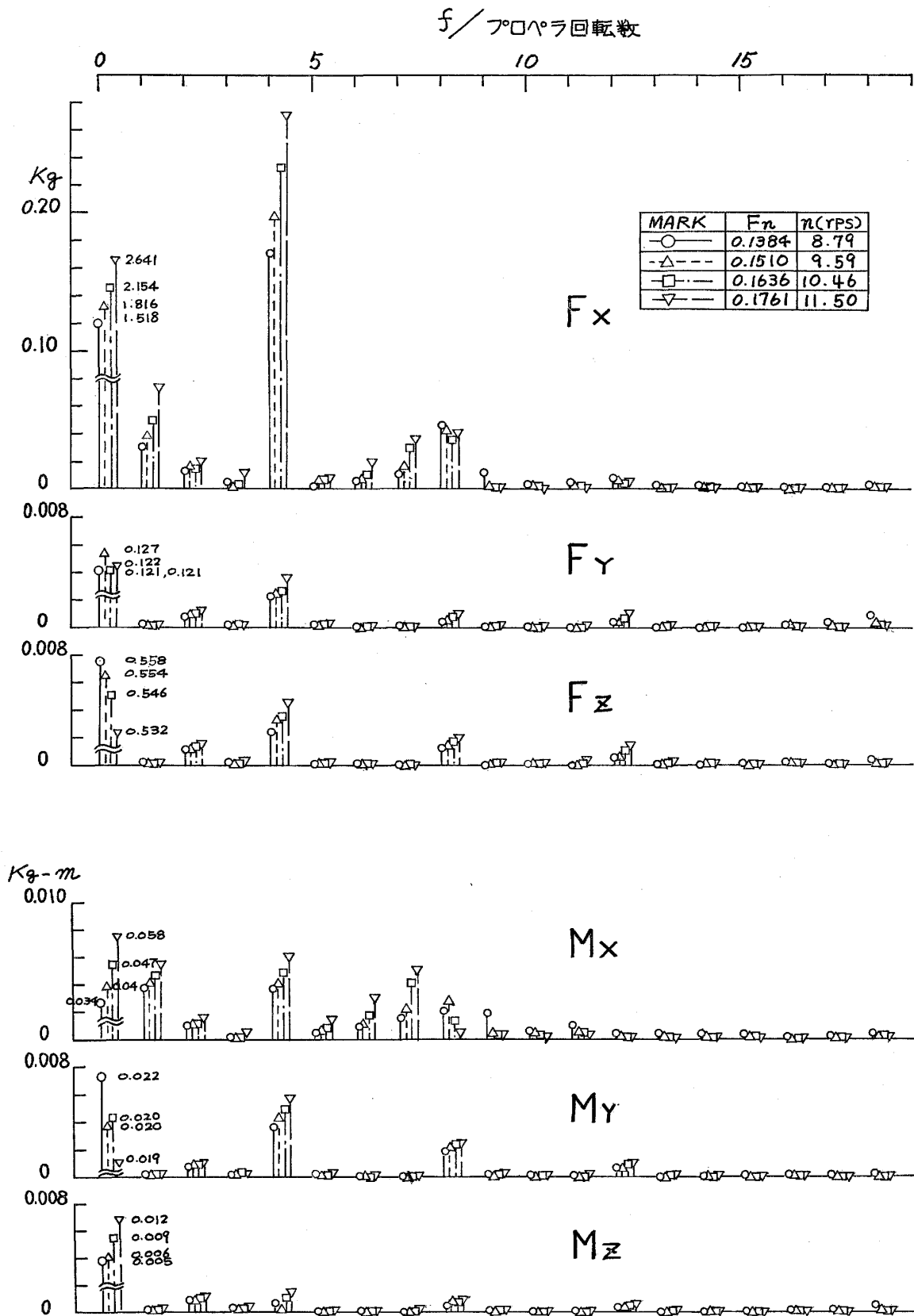


Fig. 4 Harmonic Components of Propeller Vibratory Shaft Force of M.P. No. 4

ローパス・フィルター (減衰傾度 $=-24$ dB/Oct)
を通した後, 1 チネル当り 2 kHz でサンプリン
グし, A/D 変換した。

(2) 50 回転分を平均して, 信号を強化する。

(3) 強化された 1 回転分の信号を回転座標系 (X, P, Q) から船体に固定された座標系 (X, Y, Z) に変換する。

(4) フーリエ変換プログラムで周波数解析する。

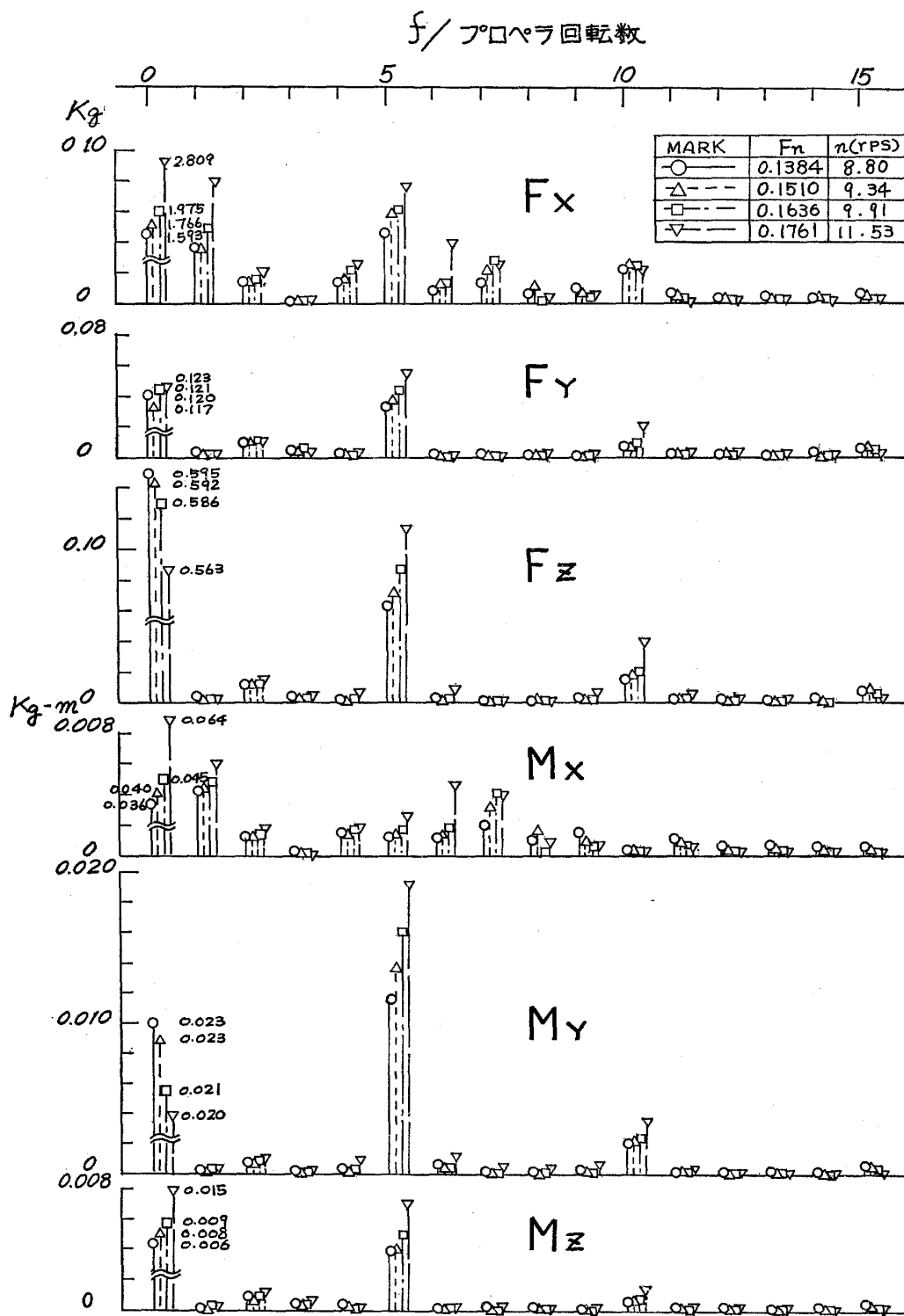


Fig. 5 Harmonic Components of Propeller Vibratory Shaft Force of M.P. No. 5

座標系を Fig. 2 に、信号強化された回転中の諸量の変動波形の 1 例として 4 翼の場合を Fig. 3 に示す。また、解析結果を Fig. 4~6 に示す。ここで f は周波数である。本図によれば、 F_x (スラスト) の回転

数の 1 次成分および M_x (トルク) は、Blade Frequency (以下 B.F. と略す) の周波数成分に比べて若干、値が大きく、他の F_y , F_z , M_y および M_z に比べると精度が落ちる。これは駆動システムよりの振動と翼の製

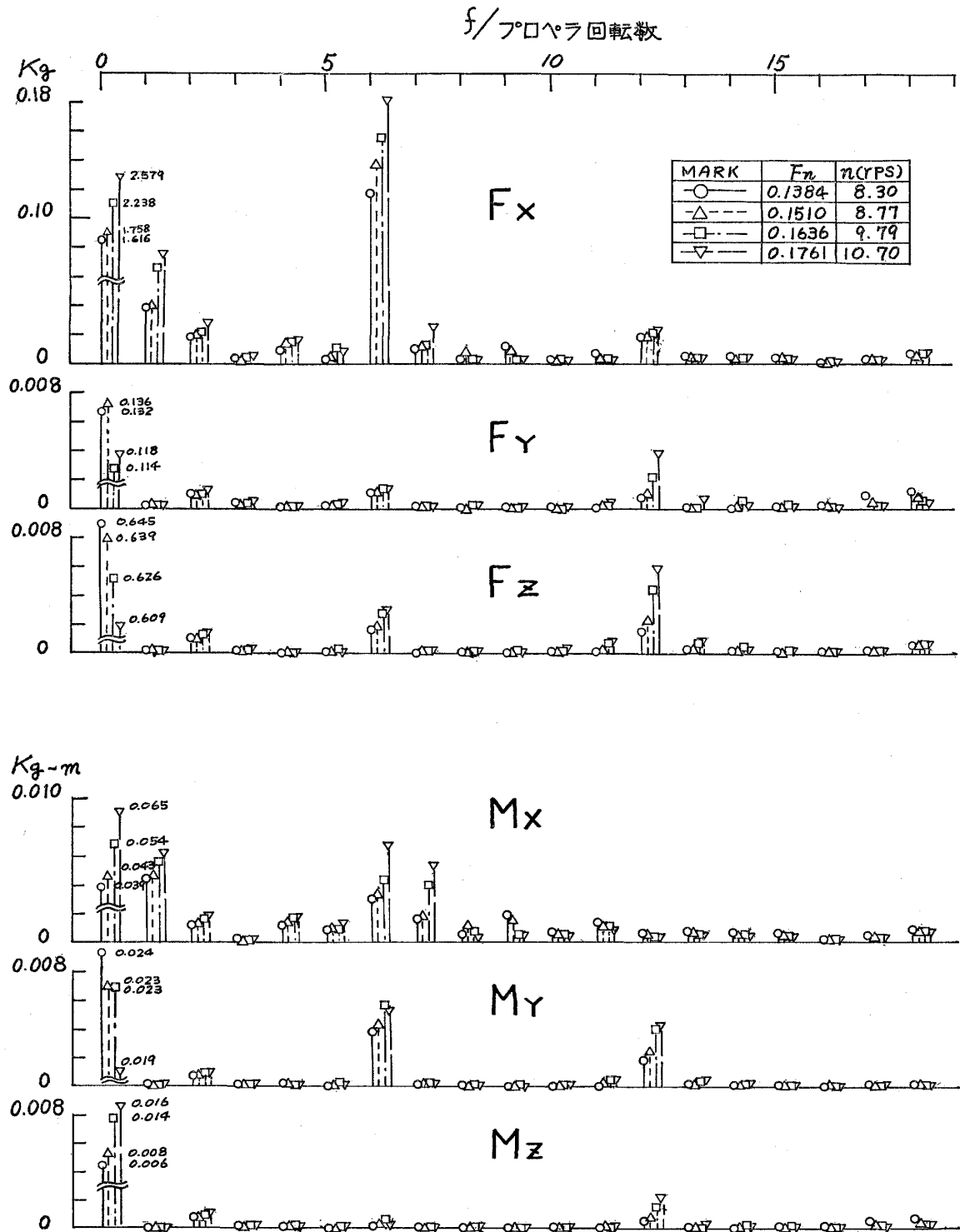


Fig. 6 Harmonic Components of Propeller Vibratory Shaft Force of M.P. No. 6

作上のバラツキ等が主原因と思われるが、正確にはわかっていない。また、Y, Z に関して、回転数の2次の成分に小さなピークが見られる。この原因は、90°位相のずれた P, Q の信号を合成する際、動力計の動的干渉のために、若干の誤差が生じたものである。し

かし、これは B.F. の周波数成分について、何らの影響も与えない性質のものである。

Fig. 7~9 に、B.F. の 1~3 次 ($k=1\sim3$) の変動成分の片振幅を力とモーメントについて、各々、 $\rho \cdot n^2 \cdot D^4$ および $\rho \cdot n^2 \cdot D^5$ で除した無次元表示の KF

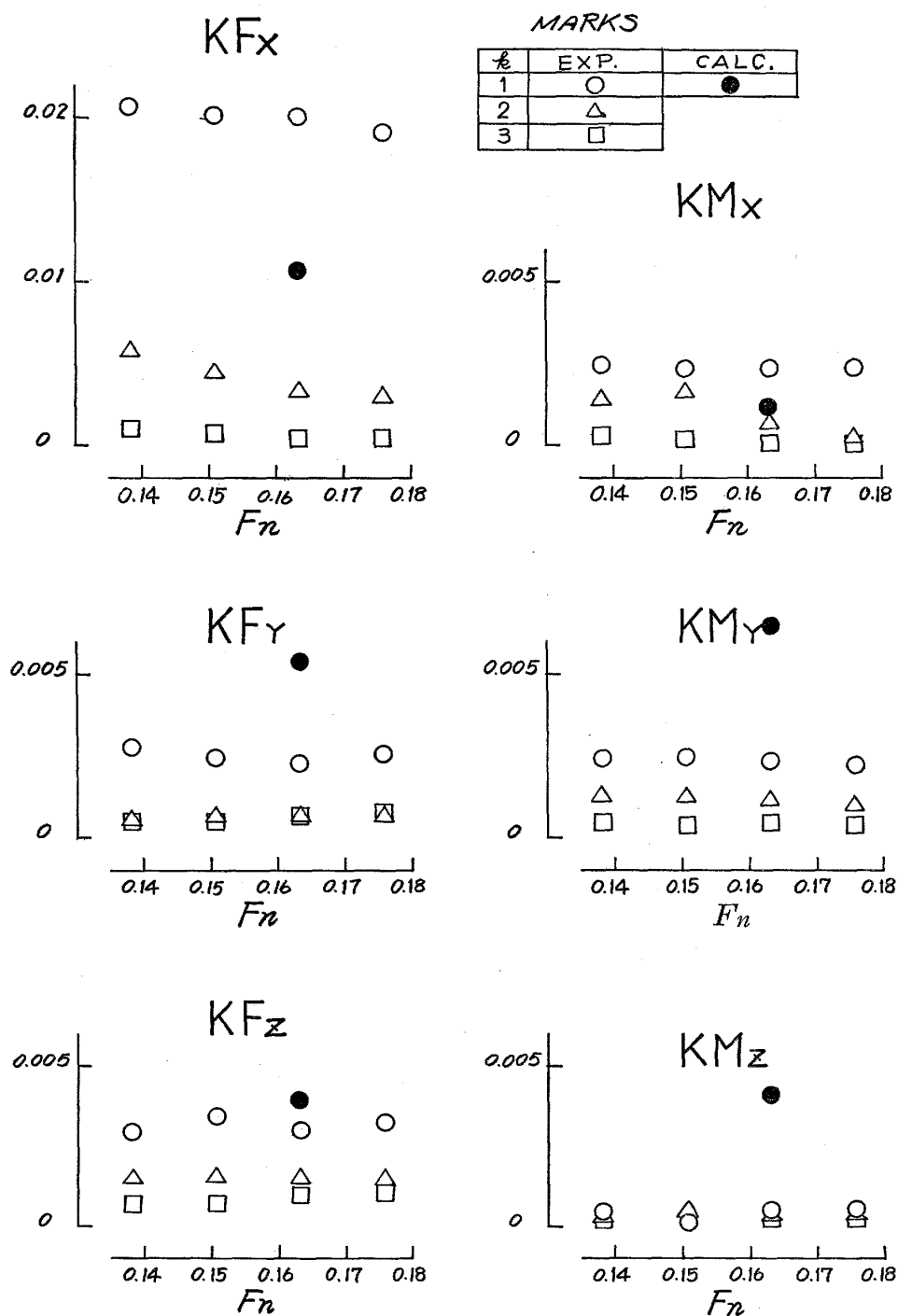


Fig. 7 Variation of Non-dimensional Components of Propeller Vibratory Shaft Force of M.P. No. 4

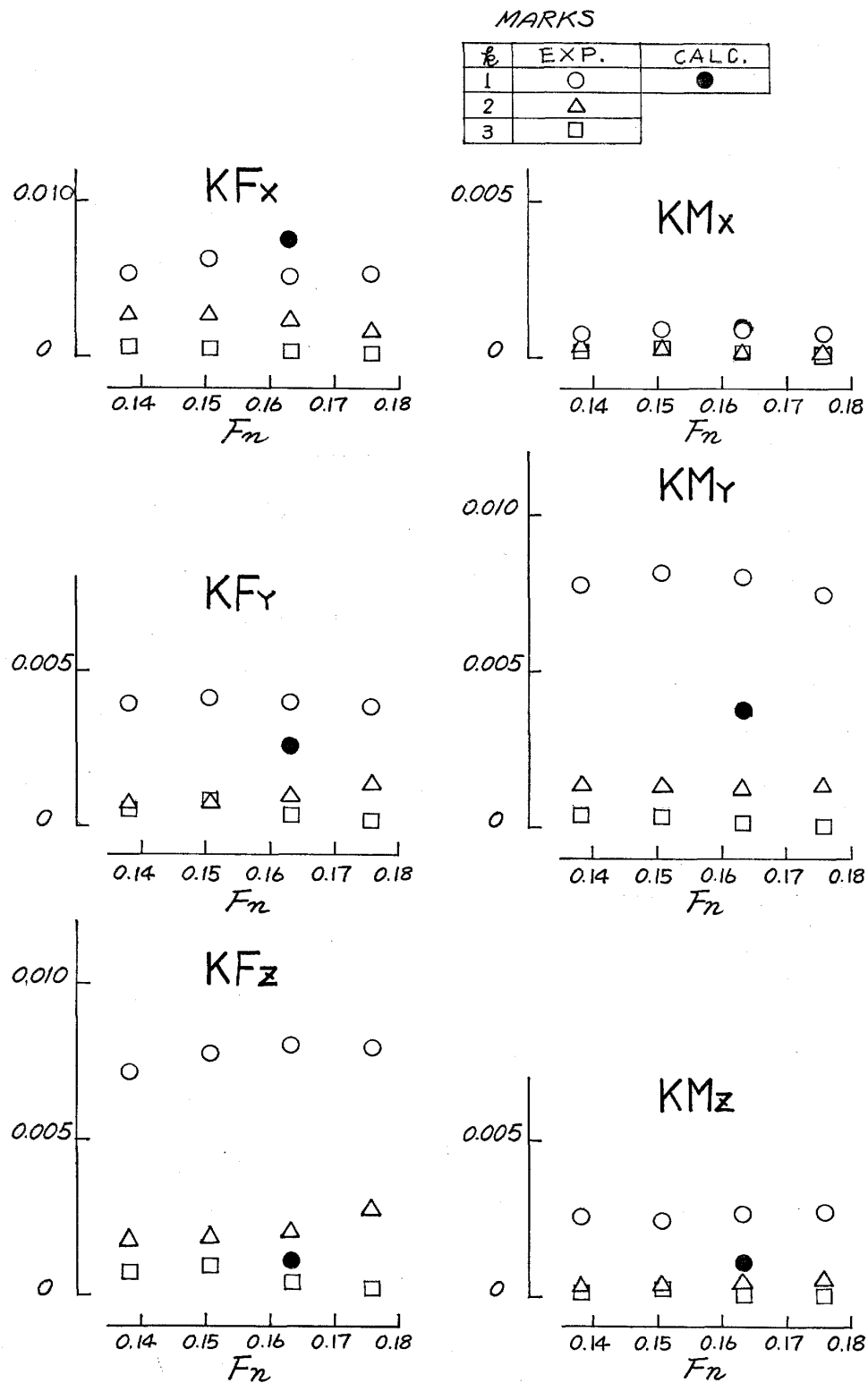


Fig. 8 Variation of Non-dimensional Components of Propeller Vibratory Shaft Force of M.P. No. 5

および KM を示す。なお、実験時のプロペラ回転数の設定誤差の影響を見るため、M.P. No. 5 について荷重度試験を行なった。その結果を Fig. 10 および 11 に示す。本図中用いた記号は下記の定義による。

$$l = \frac{R_{TM} - F}{R_{TM} - W}$$

但し l ; 荷重係数

R_{TM} ; 模型船の全抵抗

F ; 曳引力

W ; 粘性抵抗修正量

その結果によると、定常力の F_{z0} および M_{z0} は荷重変化による影響が小さい。B.F. の1次の場合、 M_x および M_z は殆んど変化しないが他の成分は若干変化している。しかし、通常の自航試験におけるプロペラ荷重度の範囲であれば、どの成分の変化も実験誤差範囲と考えて良いであろう。

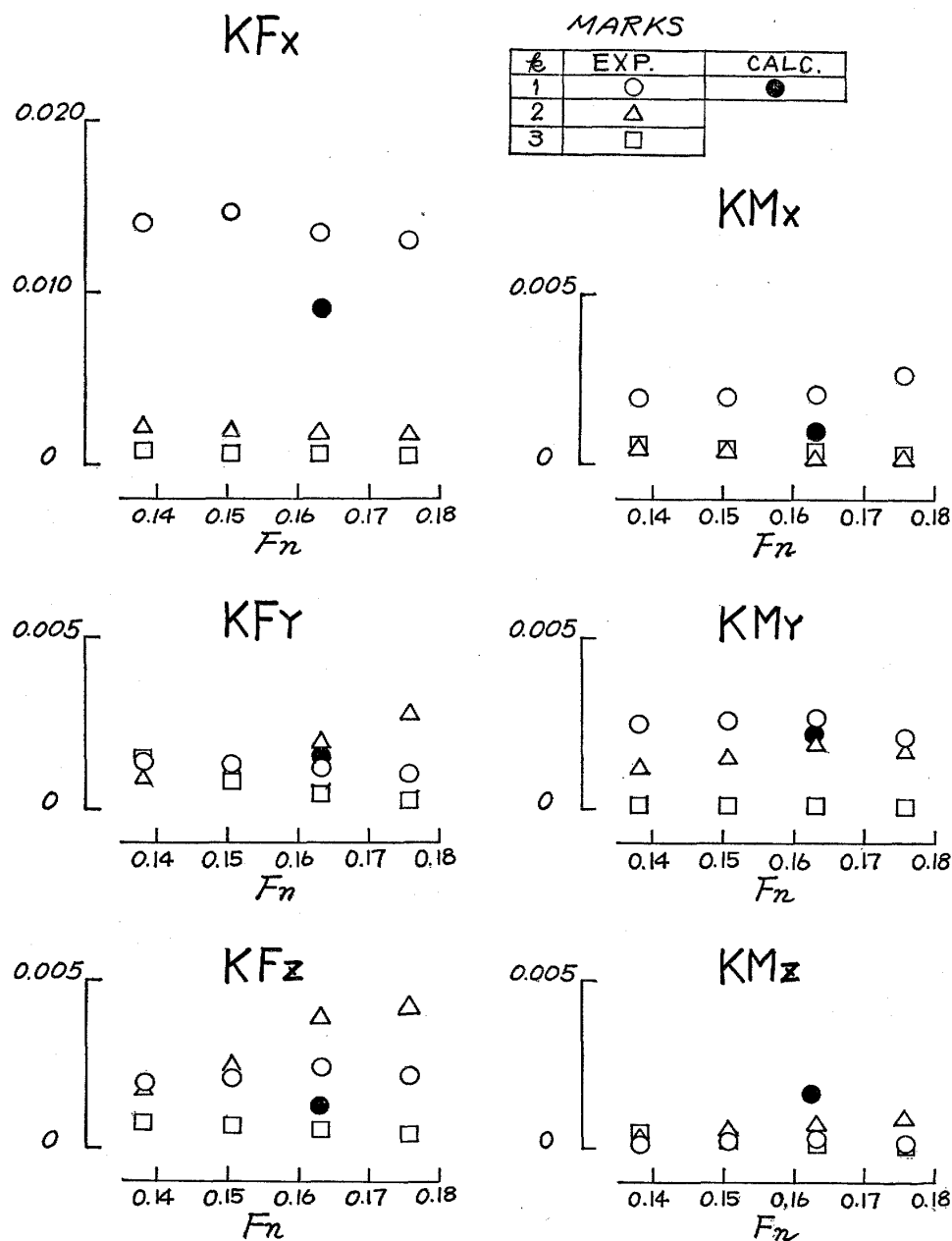


Fig. 9 Variation of Non-dimensional Components of Propeller Vibratory Shaft Force of M.P. No. 6

Fig. 12 に、定常力の無次元表示したものを示す。なお、 KF_{x0} および KM_{y0} については、プロペラの自重による影響を差引いてある。各プロペラの主要目に若干の相違はあるものの、翼数が増えるに従い、各分力およびモーメントとも大きくなるのが良くわかる。Fig. 7~9 における変動成分については、 F_x および M_x と F_y, F_z, M_y, M_z は異なった傾向を示し、文献 (3) と同様、偶数翼のベアリング起振力 (Y, Z 方向成分) は奇数翼のそれに比べ、減少している。しかし、本船にどの翼数のものを装備するかということは奇数翼と偶数翼といった大きな分類で判断するのではなく、伴流分布の変動成分、主機関の種類、軸系および船尾部の固有振動、あるいは、サーフェス・フォースやプロペラ効率等総合的に検討した上で判断すべき

事はいうまでもない。

3.3 理論計算との比較

非定常揚力面理論による理論計算⁴⁾ との比較のために、計算結果を Fig. 7~9 および 12 に黒印で図示した。定常力について見ると、 M_{x0} および M_{y0} を除き一致度は良くない。 $k=1$ について見ると、6 翼の場合は、比較的良い一致を示している。計算値と実験値の一致が良くない原因としては、揚力面理論の計算において、均一流中の結果は、プロペラ単独試験結果とはかなり良い一致をしているので、不均一流の計算の場合、伴流分布の入力法に問題があったとも考えられる。また文献 (5) においても、問題点が指摘されておりさらにデータ蓄積を行ない、実験結果と理論値との詳細な検討が必要のように考える。

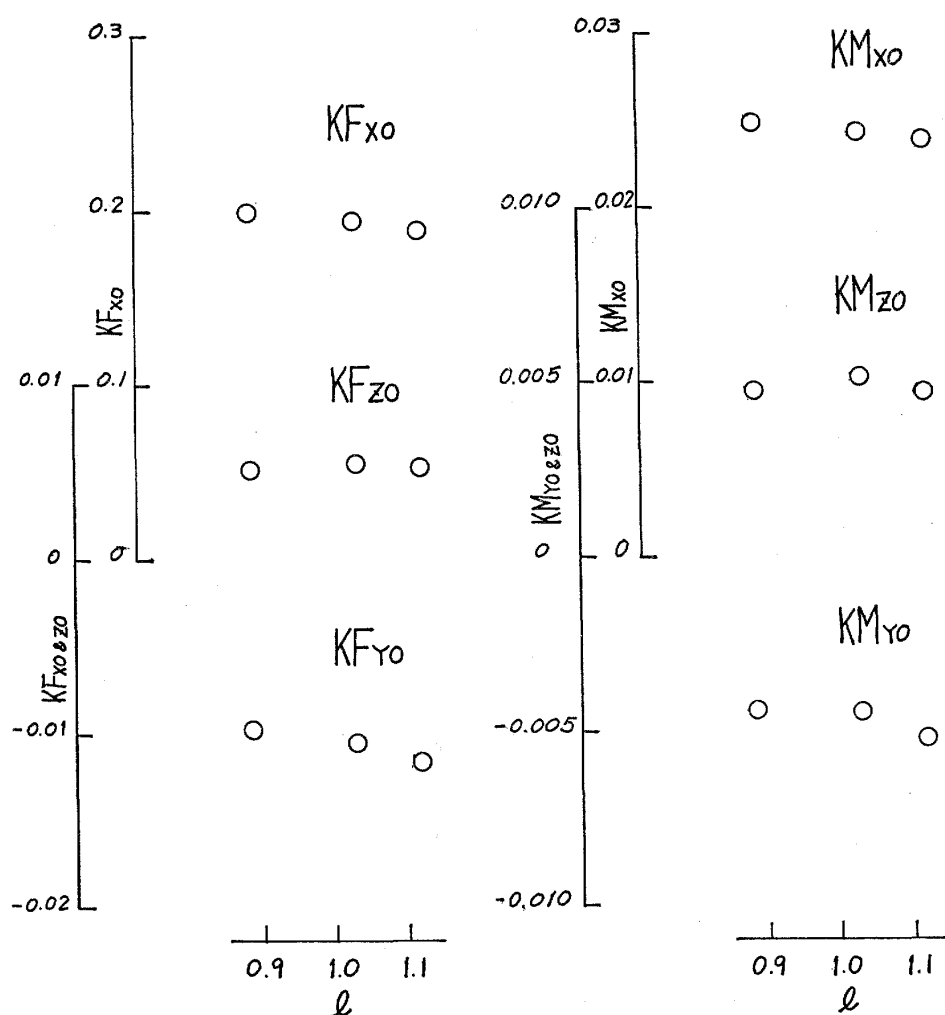


Fig. 10 Non-dimensional Mean Value of Propeller Vibratory Shaft Force vs. Propeller Load of M.P. No. 5

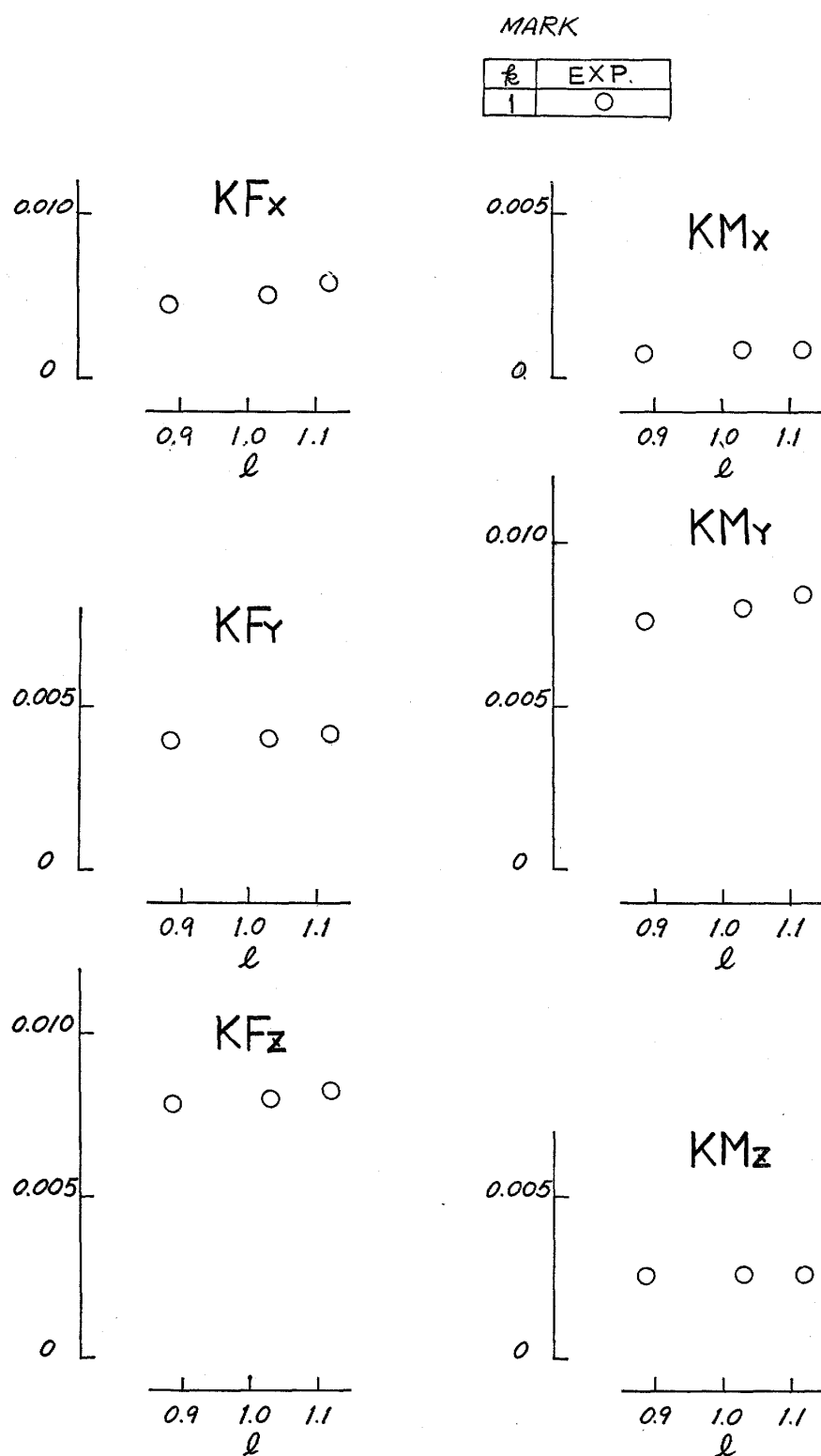


Fig. 11 Variation of Non-dimensional Components of Propeller Vibratory Shaft Force vs. Propeller Load of M.P. No. 5

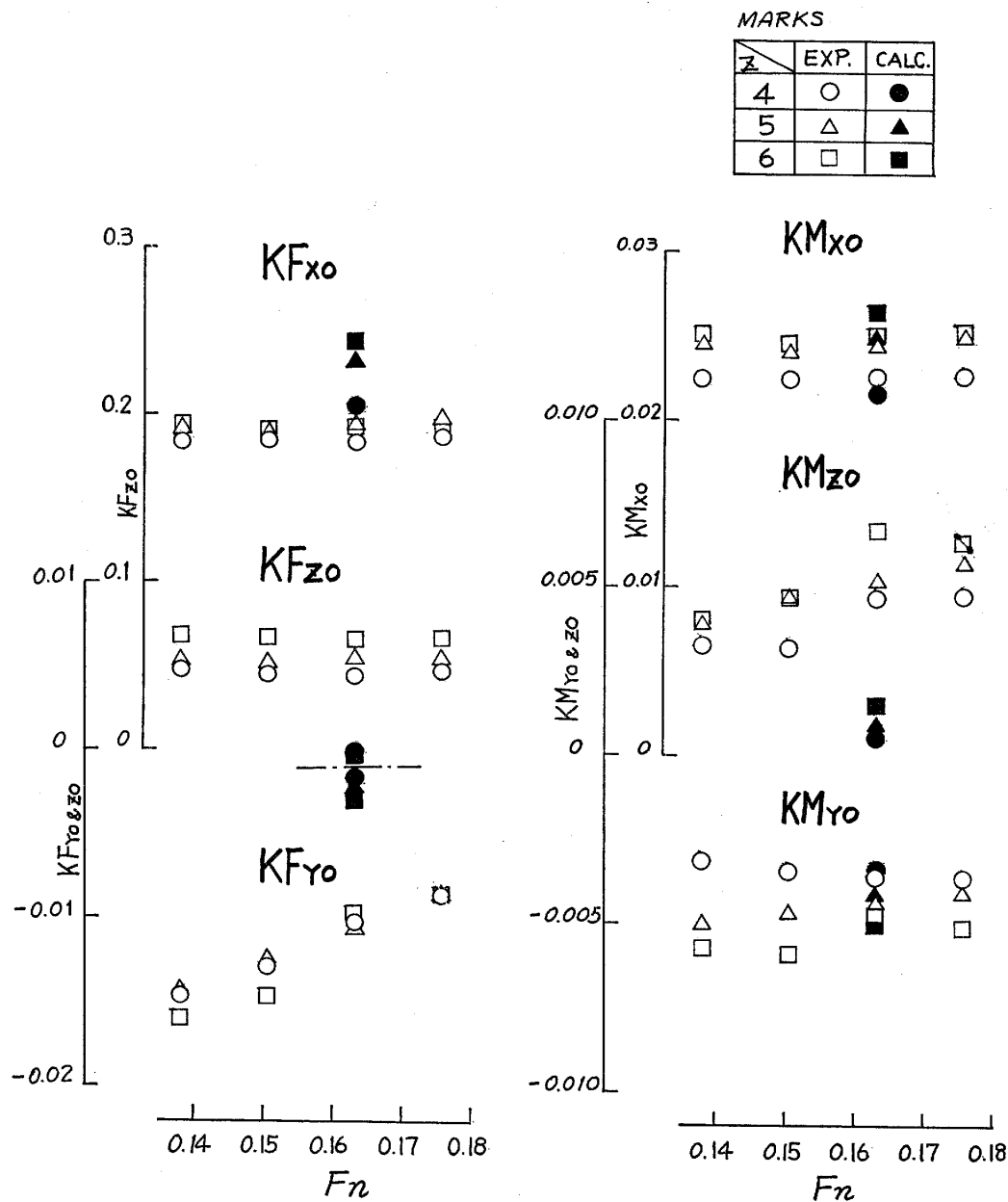


Fig. 12 Non-dimensional Mean Value of Propeller Vibratory Shaft Force

4. おわりに

今回、計測した3種のプロペラについて、翼数の違いによる影響も、従来よりいわれている傾向と同一の傾向を示し、また定量的にも相違が比較できる結果が得られた事から、使用した動力計は、実用上、十分な精度を有しているものと考えている。さらに、従来の定常的な自航試験結果と同程度の精度を出すためには、ベアリング・フォースの計測器について、以下のような事が今後も、充分、検討される必要がある。

(1) 本動力計の場合、動力計のアイドル量は非常に

小さく、また、無負荷時の回転数の変化による影響も小さいが、プロペラを取付けた時には、若干回転数による影響が見られ、これは、プロペラの製作上の動的バランスの不良によるものと考えられる。今回のように、振動現象を計測する際に使用するプロペラとしては、製作に細心の注意を払う必要がある。

(2) 今回、使用したベアリング・フォース計測用動力計のキャリブレーションは、静的なものしか行っていない。少なくとも、スラストおよびトルクには動的荷重をかけてキャリブレーションを行

ない, 絶対量での正確な比較を行なう必要がある。

- (3) 理論計算と比較する場合, プロペラ・シャフトにかかる力およびモーメントだけでなく, 1翼の発生する揚力およびモーメントも測定し, 理論計算の位相および精度チェックを行なう必要がある。

- (4) 今後さらに, 実験データの蓄積を重ね, 計測精度の確認を行なうと共に, 長期的にも, 計測機の特性的変化を調査する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 第183研究部会「船尾振動騒音の軽減を目的としたプロペラ及び船尾形状の研究」報告書, 日本造船研究協会, 研究資料 No. 342, 昭和56年3月
- 2) 日本船舶振興会補助事業「自由表面のキャビテーション現象に及ぼす影響に関する研究」報告書, 日本造船技術センター, 昭和56年3月
- 3) 「漁船の推進性能とプロペラの起振力について」上田他, 船研報告第14巻第4号 (昭和52年7月)
- 4) 船舶技術研究所「船用プロペラ特性の計算プログラム (その2)」講習会テキスト (1974-10)
- 5) 第174研究部会「馬力節減を目的とした1軸中型船の船尾形状の開発に関する研究」報告書, 日本造船研究協会, 研究資料 No. 320, 昭和54年3月