

# 港灣技研資料

TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 167

Sept. 1973

監督測量船“すおう”動揺試験報告

藤井喜一郎  
東海林秀幸  
岩崎峯夫  
石塚浩次

運輸省港灣技術研究所



# 監督測量船“すおう”動揺試験報告

## 目 次

要 旨 .....	3
1. まえがき .....	3
2. 試験船“すおう”概要 .....	3
2-1 船体諸元 .....	4
2-2 搭載機器諸元 .....	4
3. 試験目的及び実験条件 .....	4
3-1 試験目的及び試験方法 .....	4
3-2 実験海域及び海象条件 .....	4
4. 試験結果 .....	6
4-1 船 速 .....	6
4-2 横揺れ .....	6
4-3 縦揺れ .....	8
4-4 周波数スペクトル .....	9
4-5 相関係数 .....	9
5. 動揺による測量誤差について .....	11
5-1 音響測深機送受波器の変動 .....	11
5-2 船位測定の誤差 .....	11
6. あとがき .....	13

A Field Test on the Ship Motion in a Survey Boat " SUO "

Kiichiro FUJII \*  
Hideyuki SHOJI \* \* \*  
Mineo IWASAKI \* \*  
Koji ISHIZUKA \* \* \*

Synopsis

Authors presented field test results of the ship motion in the survey boat " SUO ", which is a catamaran, obtained in irregular waves at KOKURA in KYUSHU Island on January 1973.

When the test was carried out, she was light draft without devices for survey work.

Test speeds were 5 kts, 8 kts, and 12 kts, that were near the planned survey speeds.

The test results were as follows.

Rolling angles decreased with each increment of speed and the average rolling angles were about 1.6 degrees at 5 kts, 1.4 degrees at 8 kts, 1.0 degrees at 12 kts.

The average pitching angles were nearly constant at all speeds, however the maximum angle gradually increased with the speeds.

The cross - correlation between rolling and pitching was not over 0.3.

According to the frequency response obtained from data, the gain of rolling angles decreased in higher region, so the test would be carried out within a higher frequency than her natural rolling frequency.

On the other hand, natural pitching frequency would be higher than the test frequency.

The sounding error was mainly caused by rolling, and it decreased with the speed.

However, at times it was over 30 cm even at 12 kts.

The sounding error caused by the average rolling angles were around 10 cm and those values were within the accuracy of device.

The positioning error resulted from the ship motion were within the accuracy of her electric positioning equipment.

Judging from test results, " SUO " would have the suitable ability for a survey boat, when she is light draft.

---

\* Chief of Dredger and Construction Equipment Laboratory, Machinery Division  
\* \* Senior Research Engineer, Machinery Division  
\* \* \* Member of Dredger and Construction Equipment Laboratory, Machinery Division

# 監督測量船“すおう”動揺試験報告

\* 藤 井 喜一郎  
\*\*\* 東海林 秀 幸  
\*\* 岩 崎 峯 夫  
\*\*\* 石 塚 浩 次

## 要 旨

昭和48年1月小倉港において実施した双胴型監督測量船“すおう”の動揺試験結果について報告する。今回の試験は測量機器搭載前の軽荷吃水における横揺れ、縦揺れ特性把握に重点をおき、測量時船速近辺の5kt, 8kt, 12ktの3段階について測定し、測量精度への影響を検討した。

得られたデータでは、横揺れは高速ほど小さく、平均横揺れ角は5ktで約1.6度、8ktで約1.4度、12ktで約1.0度であった。又、最大横揺れ角は5ktで約3.8度を記録した。

縦揺れ角はほぼ一定に近い値であったが、各船速における最大値は漸増の傾向を示した。

横揺れと縦揺れの相関係数は0.3を越えなかった。

周波数特性を求めてみると高周波領域で横揺れのゲインが落ちるので、すでに固有周波数を越えた範囲で実験したと思われる。

一方縦揺れ角では固有周波数に達していなかったと思われる。

動揺による測深誤差は、横揺れが最も強く影響し、30cmを越えることがある。平均横揺れ角では10cm前後で、音響測深機の測定精度にほぼ等しい。

船位測定に与える誤差は、使用する船位測定機の精度にほぼ等しい。

以上のことから判断すると“すおう”は軽荷吃水において測量船として必要な性能を有していると思われる。

## 1. まえがき

近年港湾工事の大型化によって測量範囲は拡大し、工期短縮の要請により迅速な作業を遂行することが強く要望されている。さらに工事に関する各種監督業務も増加し、監督測量船の行動範囲が広がったため、高速でかつ安定な船が求められてきた。港湾工事に使用される各種作業船の能率向上は常になされてきたことは言うまでもないが、監督測量船においても測量機器の高性能化、適切な船体形状の選択、高速化、データ処理の自動化等が実施され優秀な監督測量船が建造されつつある。

運輸省第四港湾建設局は、これらの条件を考慮し、昭和47年、耐食軽合金製双胴型監督測量船“すおう”を建造し、小倉港工事事務所に配置した。

今回の試験は“すおう”の軽荷吃水における測量時速度での動揺特性を調べ、測量精度への影響、海象と船の安全性等の検討用資料を得ることを目的としている。

試験内容は、前回神戸港において実施した第三港湾建設局所属の双胴型監督測量船“くろしお”の動揺試験と

同じであるが、今回は主として横揺れを測定したのに対して今回は横揺れと縦揺れを差圧式ローリング計を用いて測定した。

本報告は、上記の目的に沿って“すおう”の動揺試験結果をまとめたものである。

## 2. 試験船“すおう”概要

監督測量船“すおう”は第四港湾建設局管内における測量及び監督用に建造された耐食軽合金製の双胴船である。最高速度は18kt、測深は100kHz、6素子の音響測深機により、30mまで測深可能である。“すおう”は、船首にジェットスラスタを装備し、設定航路にできるだけ正確に航走するようになっている。従来にない新しい装備としてはデータ処理システムがあげられる。“すおう”は、キャビンに磁気テープ記録装置を設置し、測量中のデータ(位置、潮位、水深等)を全て磁気テープに記録し、測量作業終了後、陸上の電子計算機によってデータ処理から深淺図作製まで自動的に行ない、能率向

\* 機材部作業船研究室長  
\*\* 機材部施工機械主任研究官  
\*\*\* 機材部作業船研究室

上と省力化をはかっていることである。次に“すおう”の船体諸元及び搭載機器の概要を述べる。

## 2-1 船体諸元

全長(m)	16.15
全幅(m)	7.30(単胴幅2.4)
深さ(m)	2.10
満載排水量(ton)	30
総トン数(ton)	60
速力(4/4)(kt)	18
旅客定員(名)	12
主機関	GM-7122-7000 GM-7122-3000
補機関	ヤンマー 3SML 38PS/1800rpm
主発電機	3相25kVA
ジェットポンプ	片吸込 ポリュレットポンプ2台 揚程×揚水量 40m×2.5m <sup>3</sup> /min

## 2-2 搭載機器諸元

### 音響測深装置

送受波器	100kHz	6素子
指向角	12度	
測深能力	4~30m	
測深精度	±10cm	
測深回数	3回/秒	
水平保持方式	ジンバル方式	

### 方位計

マグネット方式デジタルコンパス	
分解能	3度以下

### データ集録、記録装置

磁気テープ	9トラック	1台
(地区番号, 時刻, 位置, 深度, 潮位, 方位, 補正值)		
印字記録装置	30桁	印字数21~22

### 船位測定装置

主局	1台
従局	4台
最大測定距離	100km
分解能	0.1m
精度	±(0.5+10 <sup>-5</sup> L)m
アンテナ出力	約1W

なお陸上のデータ処理システムは電子計算機(コアメモリ-25K語, 磁気ドラム32K語), 直交座標図化機(有効記録面積, 約800×1100mm, ステップ幅0.05mm, 3色)より構成されており, データ処理から深淺図作製まで自動化され, 人間は機器の監視だけである。

“すおう”の一般配置図を図2-1に示す。

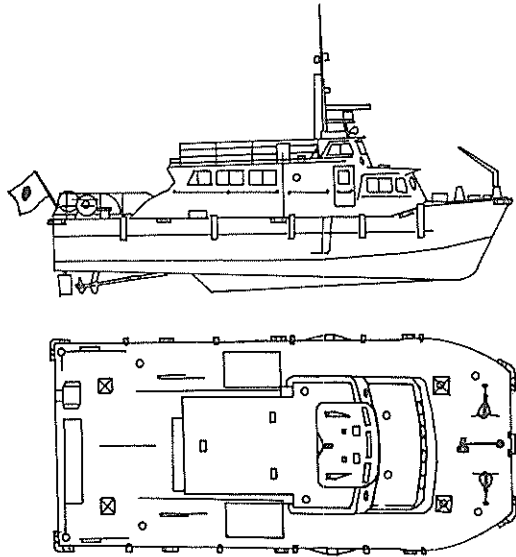


図2-1 すおう一般配置図

## 3. 試験目的及び実験条件

### 3-1 試験目的及び試験方法

本試験の目的は, 波浪中を航走する双胴船の船体動揺を測定し, 船体動揺と船速, 波浪等の関係を把握し, 船上における各種作業に対する影響, 特に測量に関して, 測深精度, 船位測定精度への影響を調べこれらの精度向上をはかることである。同時に波浪中の船上作業の安全性検討に関する資料を得ることである。

試験船速は“すおう”の使用計画<sup>1)</sup>より測量時船速を5ktより10ktの範囲と想定し, 5kt, 8kt, 12ktの3段階と決め, 速力-機関回転数曲線より対応する主機回転数を求めて試験中主機回転数を一定に保った。

測定項目は, 横揺れ角, 縦揺れ角の2種類とともに差圧式ローリング計によって角度を検出した。測定にはローパスフィルターを使用し, 5Hz以上の変動分をすべてカットした。カットオフ周波数は前回<sup>2)</sup>の実験で得た船体動揺の周波数分布より決定した。

検出器の設置場所は図3-1に示されているようにすべてキャビン内部である。

### 3-2 実験海域及び海象条件

実験海域は船速測定の目標物を必要としたため図3-2に示した小倉港港内の航路である。図中の矢印は船の進行方向を示し, ①を往, ②を復とした。

海象条件は現地に観測施設がないため各実験毎に図3

- 2 の × 印地点で岸壁上より、波高、周期、潮流速度を測定した。

潮流速度は木製フロートを使用し、定点間距離通過時間をストップウォッチで測定し、算出した。

波高、周期は、岸壁より約 10 m 附近の海面に竹竿を投入し、8mm カメラで海面変動を撮影して後日フィルムより求めた。

ただし、撮影角度、潮流による竹竿の傾斜等により誤差を含んでいるが、現地実験としては十分な精度であろう。この航路における波の進行方向は両岸における波の反射の影響が強く確認できなかった。表 3-1 に実験日の風向、風速、平均波高、平均周期を示す。

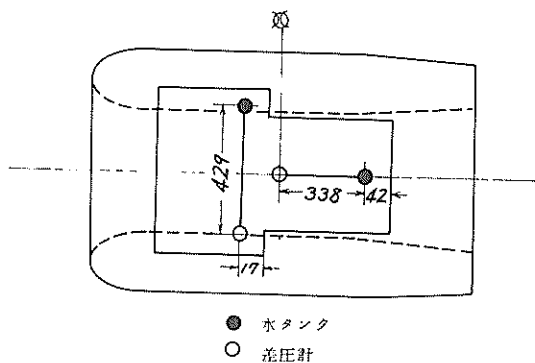


図 3-1 計測器設置場所

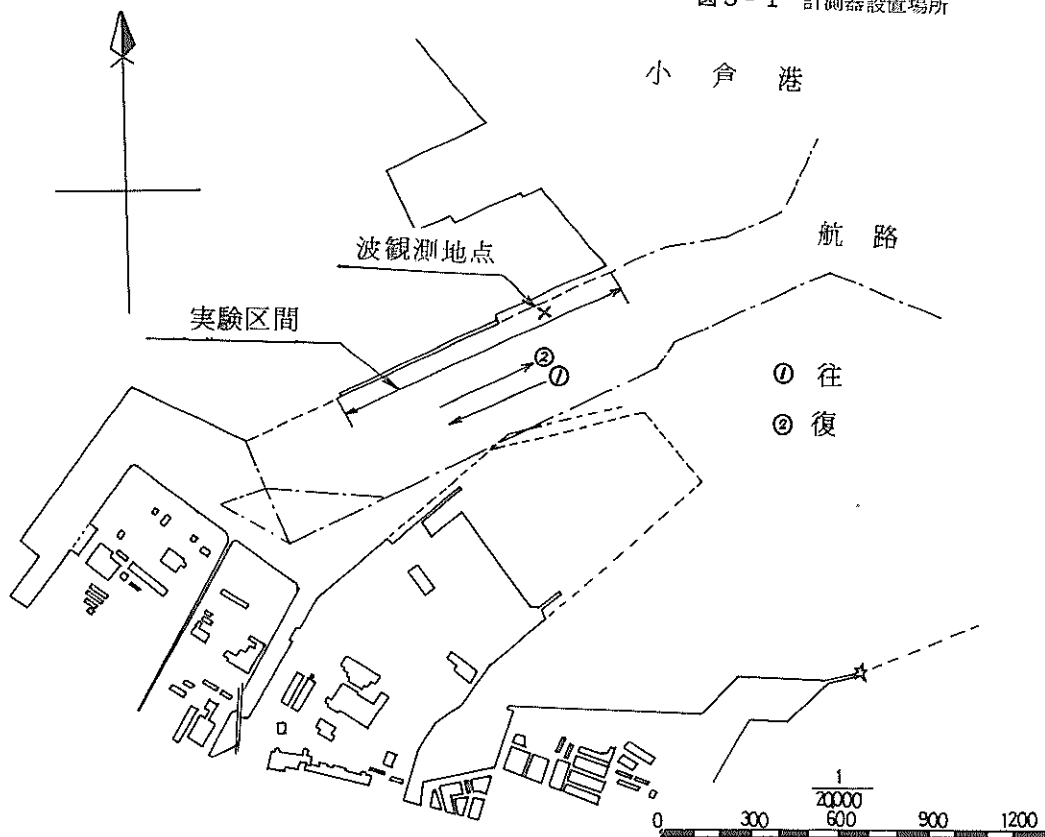


図 3-2 実験海域

表 3-1 海気象条件

日	時	風 向	風速 (m/sec)	平均波高 (cm)	平均周期 (sec)
1月18日	10:00	NW	5.5	2 7.70	2.47
	14:00	—	—	3 2.28	2.68
1月19日	10:30	NW	4.0	2 5.32	2.72
	14:00	WNW	4.3	3 1.96	2.61

#### 4. 試験結果

##### 4-1 船速

今回の実験で船速は、岸壁上のボラードを標識として利用し、船を岸壁に並行に航走させた。約80m 間隔でボラードにマークを取り付け、船上より各マーク通過時間を読み取り、船速を計算した。測定結果を表4-1、図4-1に示す。実験範囲は、図中斜線の部分である。

一部のデータでは、潮流の影響を受けて往復の差が1ノット近くなったが、想定した船速の範囲内で実験を終了したと言える。

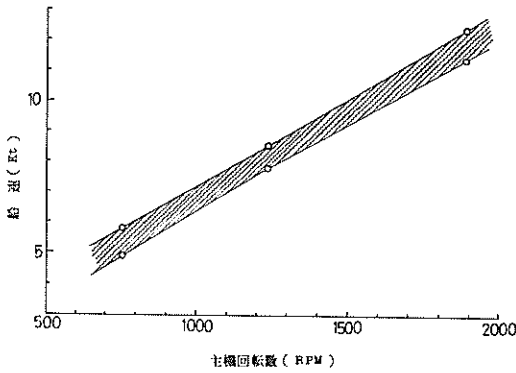


図4-1 船速

##### 4-2 横揺れ

各船速について助走区間通過後、約3分間計測し、その中より1分間のデータを選び出して検討した。

横揺れ角は水平面からの傾斜角、縦揺れ角は船速に対応するトリム角を零点とする傾斜角とする。各船速における横揺れの様子を図4-2より図4-16に示す。図中プラス側は左舷の上がった状態を表わす。得られたデータの概略の様子を調べてみると、5kt付近の船速では2.5度前後をピークとする揺れが多く、大きな横揺れはパルス状の急激な発生のみならず、周期80秒から110秒程度のビート信号によって現われてくる。図4-4、4-5はその典型的な例である。船速8kt程度まで横揺れの様子に大きな変化は見られず、ビートの存在も認められる。しかし12ktになると各ケース毎に横揺れの様子は大きく変わり、ビートも見かけなくなり文字通りランダムな揺れであると言える。

図4-17は最大横揺れ角を船速に対してプロットしたもので高速ほどバラツキが大きくなるが、船速5ktより8ktでは3度から4度の範囲であり、12ktでは低速

表4-1 船速

日付	時間	方向	試験番号	速力(kt)
1/18	午前	往	A-1-1	5.27
〃	〃	復	A-1-2	5.10
〃	〃	往	A-2-1	8.34
〃	〃	復	A-2-2	8.17
〃	〃	往	A-3-1	11.68
〃	〃	復	A-3-2	11.40
1/18	午後	往	B-1-1	5.59
〃	〃	復	B-1-2	5.04
〃	〃	往	B-2-1	8.49
〃	〃	復	B-2-2	8.06
〃	〃	往	B-3-1	11.89
〃	〃	復	B-3-2	11.62
1/19	午前	往	C-1-1	5.70
〃	〃	復	C-1-2	4.84
〃	〃	往	C-2-1	8.50
〃	〃	復	C-2-2	7.80
〃	〃	往	C-3-1	12.38
〃	〃	復	C-3-2	11.36
1/19	午後	往	D-1-1	5.21
〃	〃	復	D-1-2	5.45
〃	〃	往	D-2-1	8.20
〃	〃	復	D-2-2	8.38
〃	〃	往	D-3-1	11.60
〃	〃	復	D-3-2	11.58

域と同程度の揺れを記録することもあるが、1.2度より3度になるので、船速の増加につれて減少すると言える。最少2乗法で直線近似を求めてみると図中の実線となり  $\theta = -0.114V + 4.33$  の関係が得られた。

平均横揺れ角については図4-18のような結果が得られた。各船速で0.7ほどのバラツキがあるが、5ktで1.6度近辺、8ktで1.4度、12ktでは1.1度と船速が大きくなるにつれて減少する。最大横揺れ角と同様に直線近似を計算すると、 $\theta = -0.0746V + 1.97$  となり前者ほど船速によって変化しない。

横揺れ角が船速によって変化する原因の一つとして波の出会い周期の変化が考えられる。船は直進しているので波面とのなす角は一定と仮定する。強制動揺では入力と出力の周波数は同一と考えるのでデータの周波数は波の見掛け周波数に等しい。各船速毎に横揺れの平均周波数を調べてみると図4-19のようである。比較的バラツキの少ないデータで、0.4Hzより0.65Hzへと高速ほど高い周波数になる。近似曲線では2次曲線がよい一致

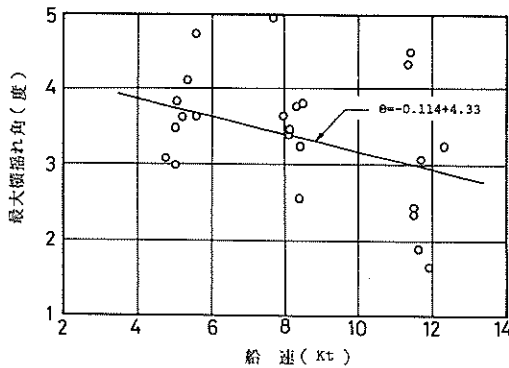


図4-17 最大横揺れ角

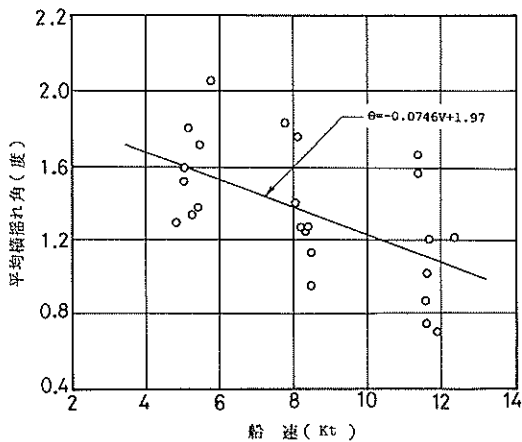


図4-18 平均横揺れ角

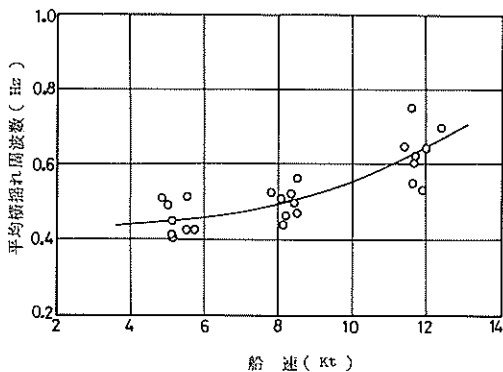


図4-19 平均横揺れ周波数

を示し、周波数  $F$  は、 $F=0.00369V^2 - 3.52V + 0.537$  で表わせる。角度とは異なり船速の2乗できいてくる。

波の出会い周期の変化は、波面と船のなす角がきいてくるが、今回の実験では波面の方向が確認できなかったため、求めた波の周波数と横揺れ周波数との単なる比を計算してみると図4-20のようになる。5ktでは20%、12ktで60%ほど波の周波数より高くなる。

波浪中の強制横揺れは波の周波数の関数であり<sup>5)</sup>、船の固有周波数を境として横揺れの大きさ、位相の遅れは様相を別にする。そこで平均横揺れ角を縦軸に、平均周波数を横軸にとりプロットすると図4-21が得られる。周波数の高い領域ほど角度は小さくなり、直線の勾配を求めると-1.873(度/Hz)になる。“すおう”の横揺れ固有周波数が不明であるが、線型横揺れとすれば、図における勾配が負であることから考えて今回の実験範囲は固有周波数を越えていたと思われる。横揺れの周波数特性を調べてみるとさらに明確になるであろう。

今回の実験では同一海域を船速を変えて測定しているので、実験海域内で波の不規則性を一定、航走による造波の影響を無視できるとすれば、船体を静止させ、一定波高の波を周波数のみ変えて横揺れの周波数特性を計測していたと考えられる。しかし周波数特性は、正弦波入力について求めるのが一般的である。実験海域の波は不規則波であるが、近似的な考えとして代表値を用いて処理することは可能と思われる。不規則波の代表値を3分間の観測時間から得られる平均波高、平均周波数の波とする。浅海波の波形は正弦波として計算されているので、この仮定は妥当であろう。表3-1の数値から浅海波として波の傾斜角を求め  $\theta_w$  とし、船の横揺れ角を  $\theta_s$  とし縦軸に  $20 \log(\theta_s/\theta_w)$  とする。横軸には図4-21での説明でわかるように船の横揺れ角速度  $w(2\pi f)$  をとれば、図4-22が得られる。直線で近似してみると勾配は-1.604(db/w)となる。傾斜角が小さい場合、横揺れは線型の微分方程式で表わされ、その伝達関数  $G(jw)$  は、 $1/\{(jw/w_n)^2 + 2\zeta(jw/w_n) + 1\}$  の形になり、 $\zeta$  が1より小さいと2次おくれ系と呼ばれる。2次おくれ系の周波数特性は無次元抵抗係数  $\zeta$  によって変わるがゲインが-10db以下になるのは  $w/w_n > 1.5$  の範囲である。図4-21で示されているように高周波領域で横揺れ角が小さくなること、ゲインの勾配が負であること、ゲインの大きさが-10db以下であることから今回の実験範囲は横揺れの固有周波数よりも高い部分であったと思われる。今後静穏な海域あるいは5kt以下の低速で実験することは横揺れ特性把握の点で意義があると思われる。



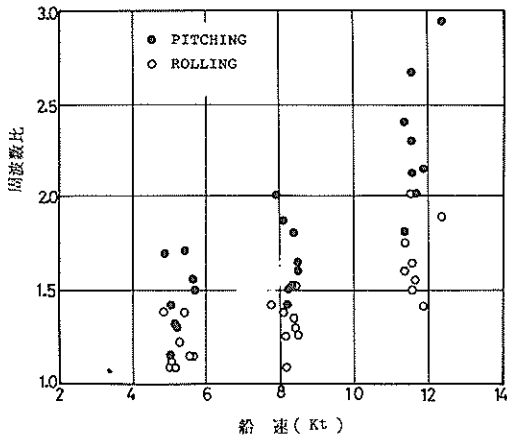


図4-20 動揺周波数/波周波数

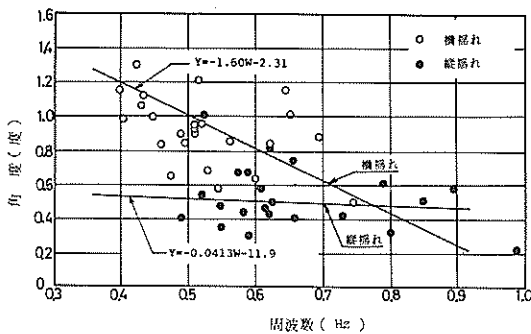


図4-21 動揺角度-動揺周波数

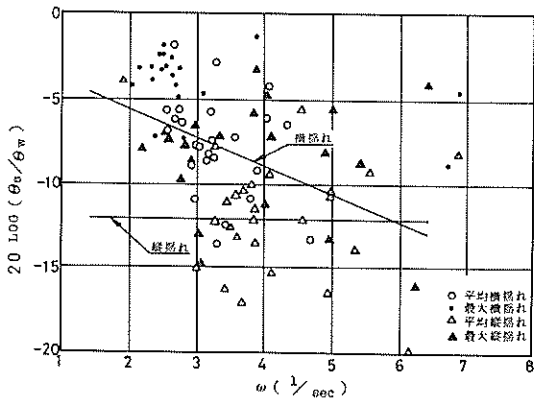


図4-22 動揺周波数特性

### 4-3 縦揺れ

横揺れと同様に一分間のデータを図4-2より図4-16までに示す。図中プラス側は船首の上がった状態を表わす。ただしここに示したデータはトリムの影響を無視している。公試運転では9.51 ktで0.286度、11.7 ktで2.05度のトリムとなっている。図より縦揺れの大きさは横揺れに比較して小さめで、その周期は短いことがわかる。各船速では、5ktにおいては横揺れに比較すればほぼ一定に近い大きさで揺れており、ピート周期も短かく、横揺れのピートとは位相はずれる。船速が増加すると周波数は高くなるが、揺れの大きさはあまり変わらず、横揺れと同程度になるケースが増えてくる。12kt付近ではその傾向が強いようである。

図4-23は最大縦揺れ角を船速に対してプロットしたもので高速ほどバラツいてくる。5ktで2度附近から12ktで2.4度へと船速と共に漸増し、横揺れとは逆の傾向となった。これは波の見掛け周波数が高くなり縦揺れ同調点に近づき軽いスラミングを発生して高い値を記録したためと思われる。最少2乗法による直線近似では、0.534(度/kt)の勾配である。5ktと12ktでは、0.367度の差になり、傾向は異なるが横揺れの最大値よりも変化は小さい。

平均縦揺れ角と船速の関係は図4-24に示されているとおりである。5ktで0.7度附近の値から船速が増加すると減少し、直線近似では $\theta = -0.0089V + 0.865$ の関係になり、勾配はわずかである。測定した船速の範囲内での角度の差は0.062度でほぼ一定に近いと言える。

単胴船では縦揺れの抵抗は、横揺れよりもかなり大きいと言われており<sup>6)</sup>、今回の実験では波長が船長よりも短かいことによって揺れ角が小さくなるのが主な原因と思われるが、双胴船の縦揺れ抵抗もかなり大きいと考えられる。

平均周波数変化を図4-25に示す。横揺れよりも高い周波数で揺れており、5ktで0.5~0.6Hz、8ktで0.55~0.65Hz、12ktで0.7~0.9Hzとなり船速と共に増加し、図中実線で示した2次曲線がよい近似を与えるようである。最少2乗法では、周波数Fと船速Vは $F = 0.00917V^2 - 0.108V + 0.880$ で表わされる。横揺れと同様に周波数は船速の2乗で変化すると言えよう。

横揺れ周波数との差については、波面とのなす角が不明であること、航路の両岸での反射波の影響等で十分な説明は与えられない。

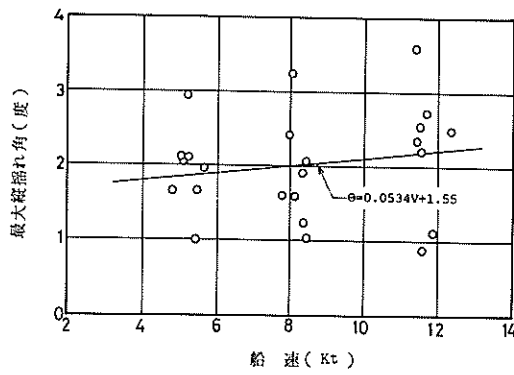


図4-23 最大縦揺れ角

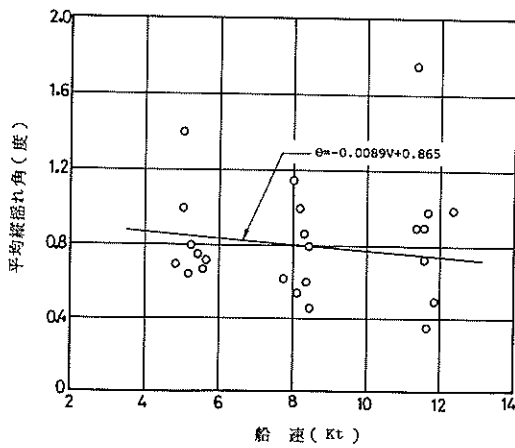


図4-24 平均縦揺れ角

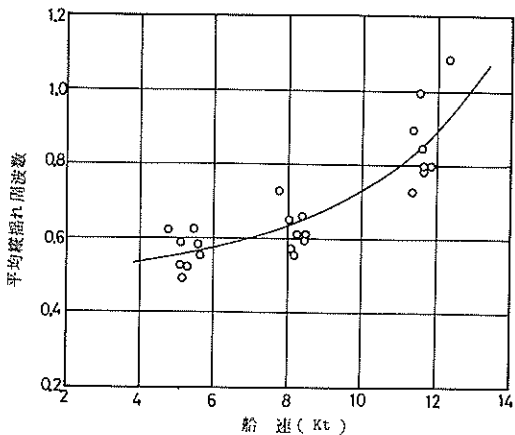


図4-25 平均縦揺れ周波数

波周波数との比を求めると図4-20のようになり横揺れよりもかなり大きい。横揺れ周波数との差については適切な海象条件の得られる海域で実験し検討してみる必要がある。

縦揺れ特性は、揺れ中心軸が異なるだけで傾斜角が小さい限り横揺れと全く同じ考え方で処理されていることが多い。横揺れ特性との差としては、固有周波数が高い（単胴船では横揺れの1.5倍から3倍<sup>5)6)</sup>、ダンピングが大きい等が挙げられる。平均縦揺れ角を平均周波数に対してプロットすると図4-21のようになり、周波数変化に対してほとんど一定となる。直線近似で求めた勾配は小さい。

横揺れと同様の仮定で周波数特性を求めてみると図4-22のようになる。周波数に対してほぼ一定のゲインになるので縦揺れの固有周波数に達していなかったと言える。ゲインが負の値になるのは、主として波長が船長よりも短いためと思われるが、代表波高の選択にも多少問題があると考えられる。

#### 4-4 周波数スペクトル

周波数特性では平均波高、平均周波数を代表値として処理したが、不規則波による強制動揺は波と船体動揺のエネルギースペクトルを求め船体の伝達関数（あるいは応答関数）を検討するのが適切な方法の一つである。<sup>6)7)</sup>しかしながら“すおう”について規則波に対する応答が不明であること（実船でこの応答を求めるのは不可能に近い）、さらに現地で測定した波のデータからではそのエネルギースペクトルを計算できないため本報告ではデータのフーリエ変換によって横揺れ、縦揺れに含まれる周波数成分を求めてみた。図4-26より図4-31にピーク値を1.0として表わした例を示す。すでに図4-19, 図4-25でそれぞれの平均周波数変化を調べ、後者が常に高い周波数であることを確認しているが、このスペクトルでも同様のことが言える。船速が増加するとピーク周波数が高くなり同時に周波数の高い成分が増えてくる。縦揺れでは12kt付近で1 Hzを越える部分で二次的なピークが現われてくる。

#### 4-5 相関係数

通常横揺れと縦揺れは各々独立した運動として計算されることが多い。実際には斜入射の波や、横揺れの際に前後の浮力の差から縦揺れが誘起されたり<sup>5)</sup>、不規則波による強制動揺では水線が一様でないこと等により縦揺れと横揺れの間に関係があると思われるので次式で定義される相関係数を計算した。

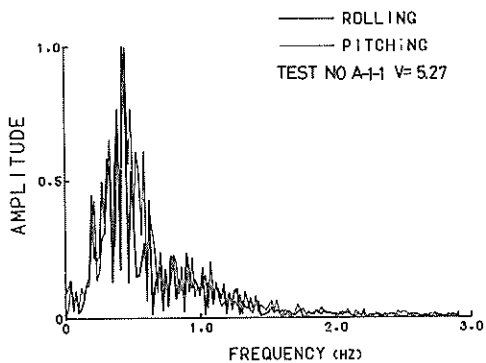


図4-26 周波数スペクトル

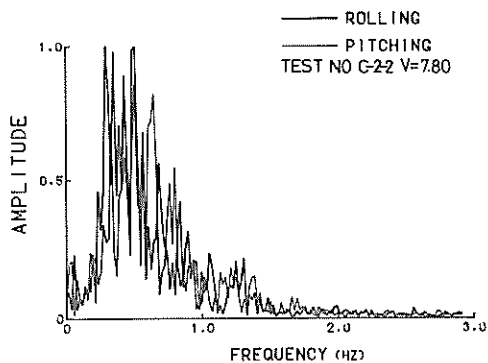


図4-29 周波数スペクトル

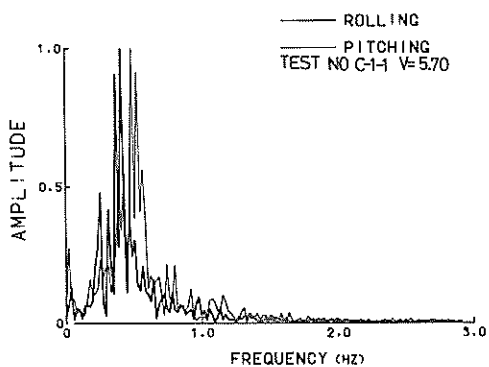


図4-27 周波数スペクトル

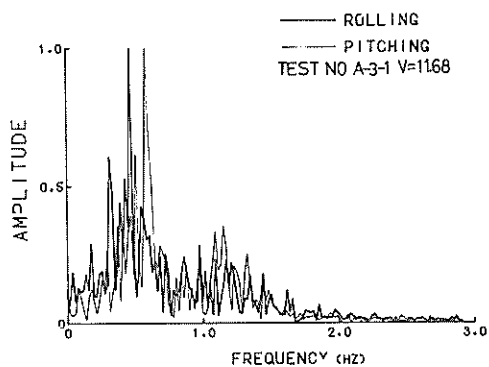


図4-30 周波数スペクトル

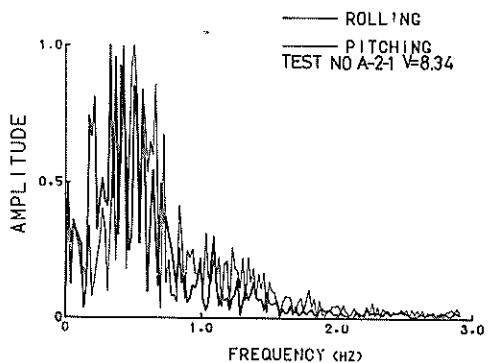


図4-28 周波数スペクトル

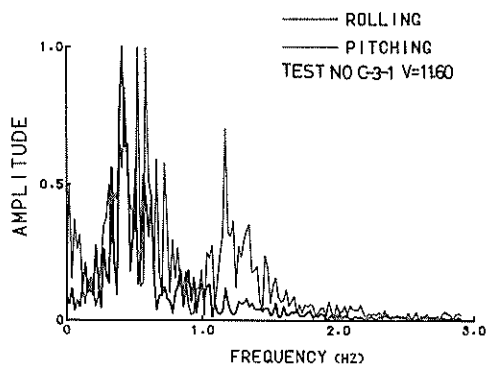


図4-31 周波数スペクトル

$$\rho_{RP}(\tau) = \frac{\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T R(t) \cdot P(t+\tau) dt}{\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \{R(t)\}^2 dt}$$

ここでRは横揺れ角, Pは縦揺れ角,  $\rho_{RP}$ は相関係数である。積分範囲を60秒, 分割を0.1秒で計算した例を図4-32に示す。0.3秒より0.4秒で相関係数は一番大きくなるが0.2を越えることはない。小型の単胴船では0.3秒で0.9近くなった報告もあるが<sup>3)</sup>, “すおう”では相関は弱いものと言える。

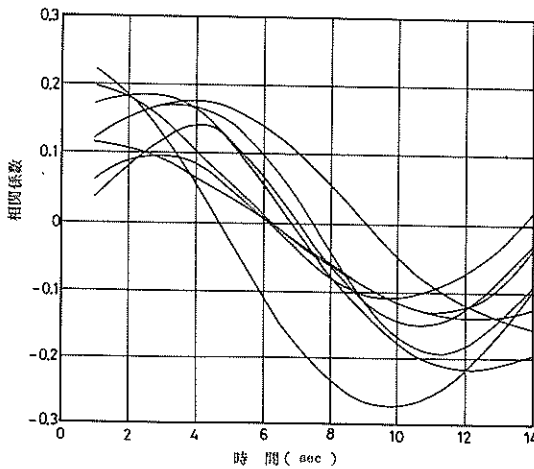


図4-32 相関係数

## 5. 動揺による測量誤差

### 5-1 音響測深機送受波器の変動

船体動揺によって搭載した音響測深機送受波器の位置は水平面より変動する。“すおう”の送受波器はジンバルに取り付けられているため音波は船体動揺と無関係に鉛直方向に発射されるので取付部の位置変動が直接測深誤差に含まれる。図4-33に示した座標で重心まわりの回転運動として位置の変動量を計算する。BとDの値を変えるだけで変動量yは次式で計算できる。

$$y = D - \sqrt{D^2 + B^2} \cdot \sin(\tan^{-1}(D/B) \pm \theta)$$

送受波器は船央より船首側1.83mの部分に横-直線上に6素子取り付けられているので動揺の影響を最も強く受ける舷側の素子の変動を横揺れ, 縦揺れの最大値, 平均値について計算した結果を図4-34に示す。図中の実線は最少2乗法で求めた近似直線である。5度の横揺れで約30cmの変動が起きる。横揺れは船速が高く

なるにつれて減少するので, 最大横揺れによる変動は5kt 25cmから12kt 20cm程度になる。平均横揺れでは15cmを越えることはない。高速域ではデータのバラツキがあるが30cm程度の変動が起きることがあるので注意が必要であろう。縦揺れの影響は6素子すべてに均一であるが, 最大傾斜角で計算しても10cmを越えることはなく音響測深機の測定精度(±10cm)の範囲内である。動揺の例として挙げた図4-2より図4-17でわかるように縦揺れと横揺れのピークが重なる場合がある。その際は図4-34での教値を加えれば変動量は求まる。40cmほどになることがあり, 音響測深機のエラーをはるかに越えてしまう。しかしここで計算したのは危険側の数値であり, 船央附近の素子では舷側の約60%, 19%の程度に減少する。さらに測量時にはバラストタンクに注水して航走する計画になっているので, 動揺による送受波器の変動は図4-34に示した数値より小さくなると思われる。

### 5-2 船位測定 of 誤差について

船体動揺によってアンテナ位置が重心まわりに回転し, 船位測定にエラーを生じるのは測深と全く同様である。前節と同じ仮定(横揺れではDを零にする)で同じ式を用いて計算すると図4-35のような結果となった。図中の実線は直線近似を表す。横揺れによるエラーが大きく, 5.9cm/cなることがある。平均横揺れでは25cm以下である。縦揺れでは最大傾斜角で計算しても30cmどまりでスラミングを起して傾斜がひどくならぬ限り問題にならないと言えよう。測量時にバラストタンクに注水して作業をするのであれば動揺による船位測定の誤差は使用する機器の精度(計画では±{0.5+L×10<sup>-5</sup>}m)の範囲に入るとと思われる。

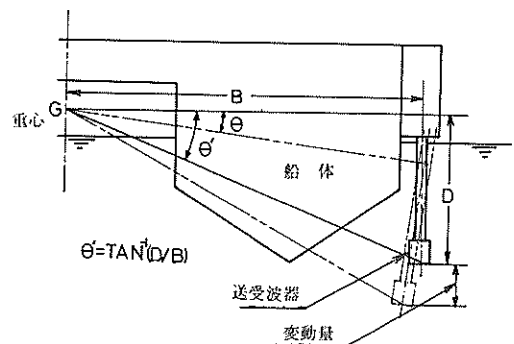


図4-33 変動量計算モデル

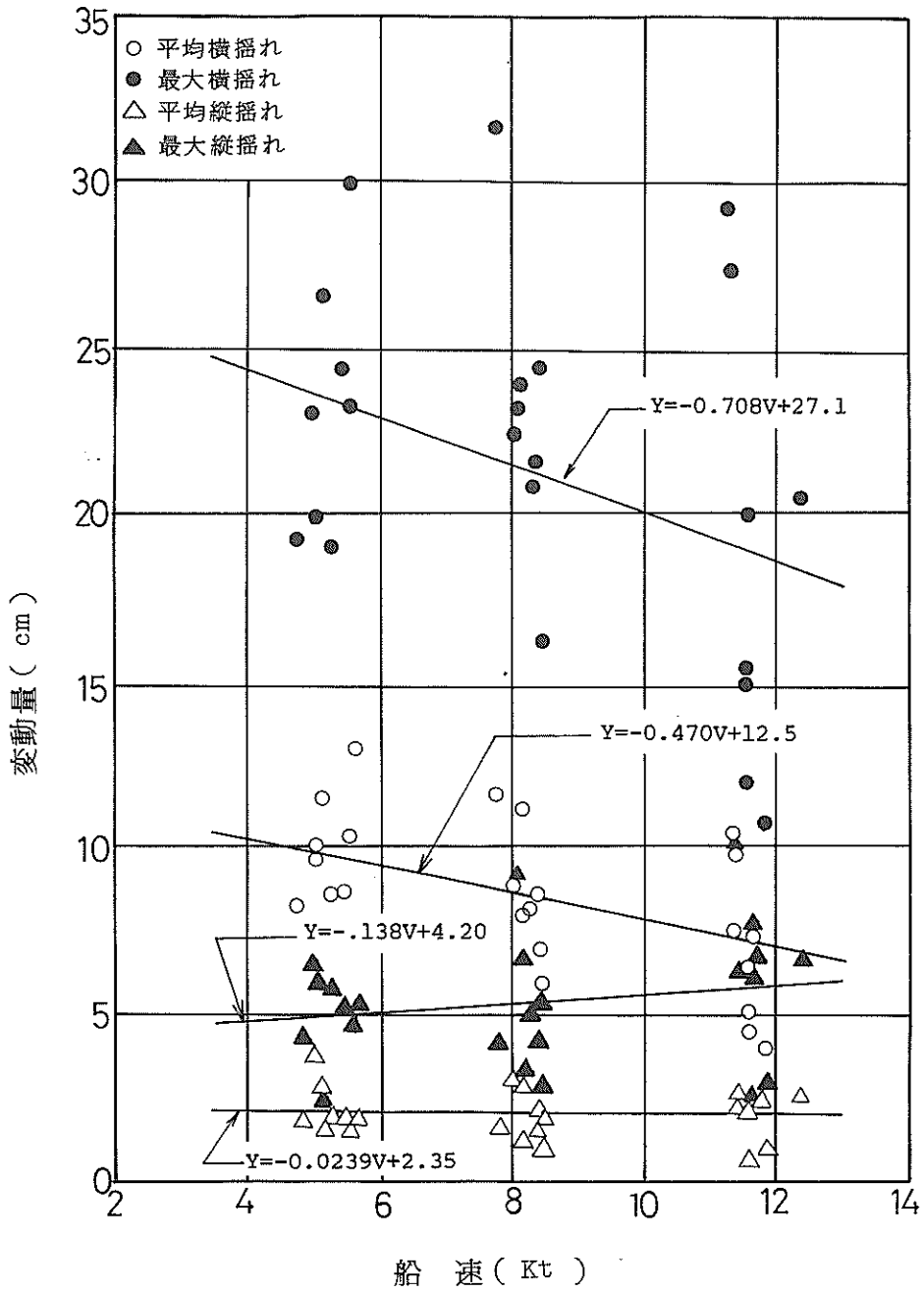


図4-34 動揺による送受器変動量

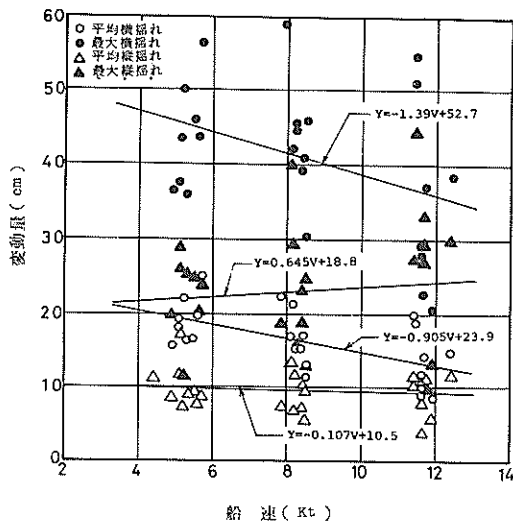


図4-35 動揺によるアンテナ変位

## 6. あとがき

以上小倉港において実施した監督測量船“すおう”の動揺試験結果について述べてきた。実験範囲が狭いため明確な結論をだすことにはできないが、実験結果をとりまとめると次の事項が挙げられる。

- 1 横揺れの大きさは高速ほど小さくなり、周波数は高くなる。
- 2 縦揺れの大きさは船速に無関係にほぼ一定であるが、周波数は高くなる。高速域ではスラミングを発生して一時的に大きな揺れを起すことがある。
- 3 今回の実験範囲は周波数特性から判断すると横揺れの固有周波数を越えていたと思われる。縦揺れの固有周波数は実験範囲より高いと思われる。
- 4 音響測深機送受波器の位置の変動は主として横揺れによるが、船央附近の索子を用いれば測深機の精度以内になるとと思われる。縦揺れによる変動は小さい。
- 5 動揺による船位測定誤差は主として横揺れにより50cmを越えることがある。縦揺れを含めたエラーでも船位測定機の精度以内になると思われる。
- 6 横揺れと縦揺れの相関は弱い。

以上のように測量精度に与える要因としては横揺れが最も大きい影響を持っている。しかし今回の実験結果が

ら判断すると、“すおう”は軽荷吃水において測量船として必要な性能を有していると思われる。

今回の実験は2で述べたように比較的高い周波数領域でデータを得たと思われる。最近、海洋開発に双胴船が使用されてきており、双胴船の特性把握の観点から考えると今後低周波領域や規則波に対する応答を計測することは重要な意義を持つと思われる。

今回の実験は第四港湾建設局機械課・下関機械整備事務所・小倉港工事事務所・“すおう”乗組員の協力のもと実施できた。関係者皆様に厚く御礼申し上げます。

(1973年6月30日受付)

## 参考文献

- 1 柴生利夫：大型測量船の概要 作業船昭和47年5月号
- 2 麻山和正，他：監督測量船“くろしお”動揺試験報告 港湾技研資料 No.153 Mar 1973
- 3 第四港湾建設局下関機械整備事務所：測量船の動揺について 昭和46年管内工事報告会資料
- 4 市川邦彦：自動制御の理論と演算 産業図書
- 5 大串雅信：理論船舶工学下巻 海文堂
- 6 元良誠三：船体運動力学 共立出版
- 7 磯部 孝：相関関数及びスペクトル 東大出版会

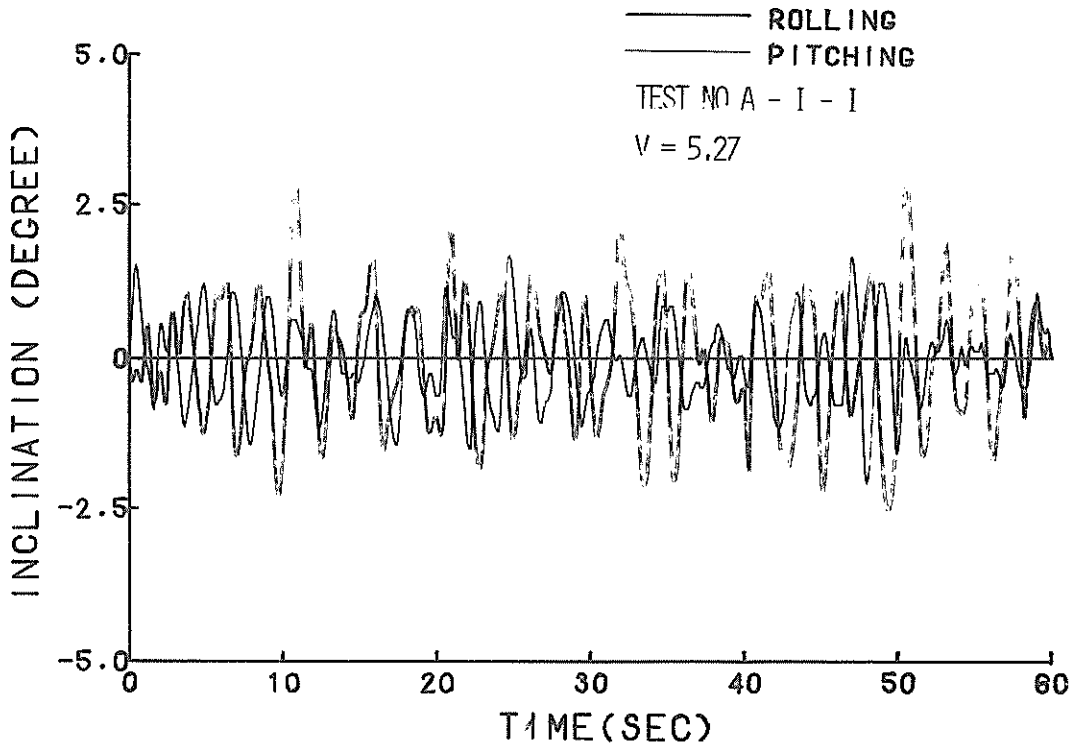


圖4-2 動 搖

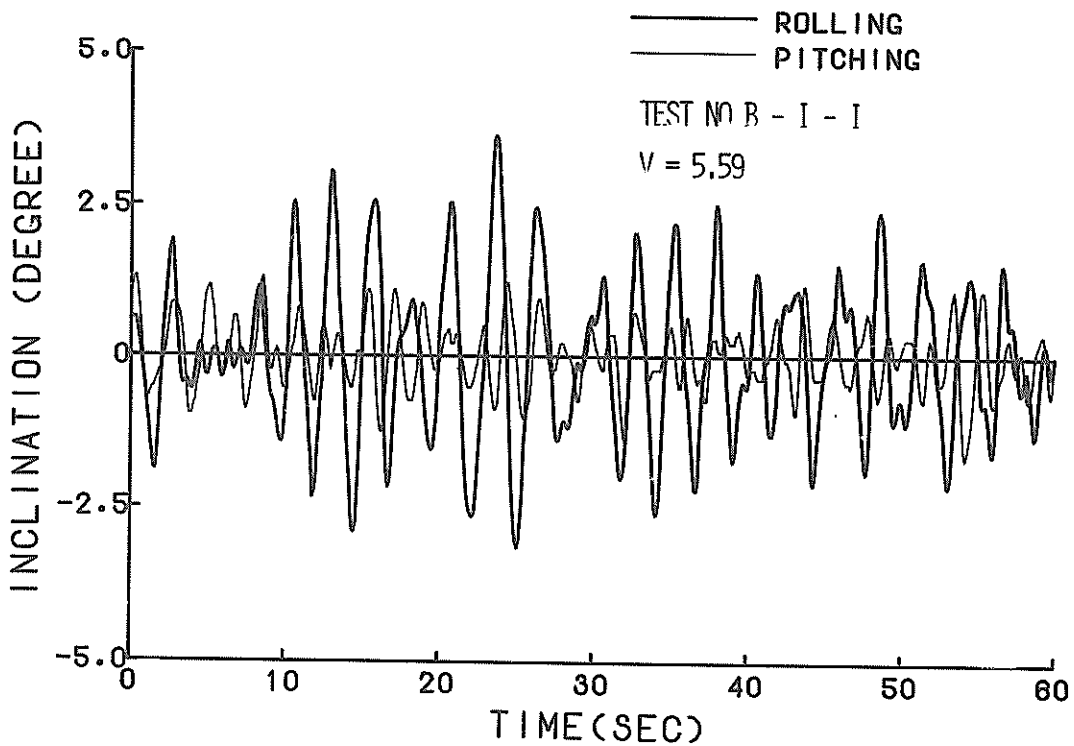


圖4-3 動 搖

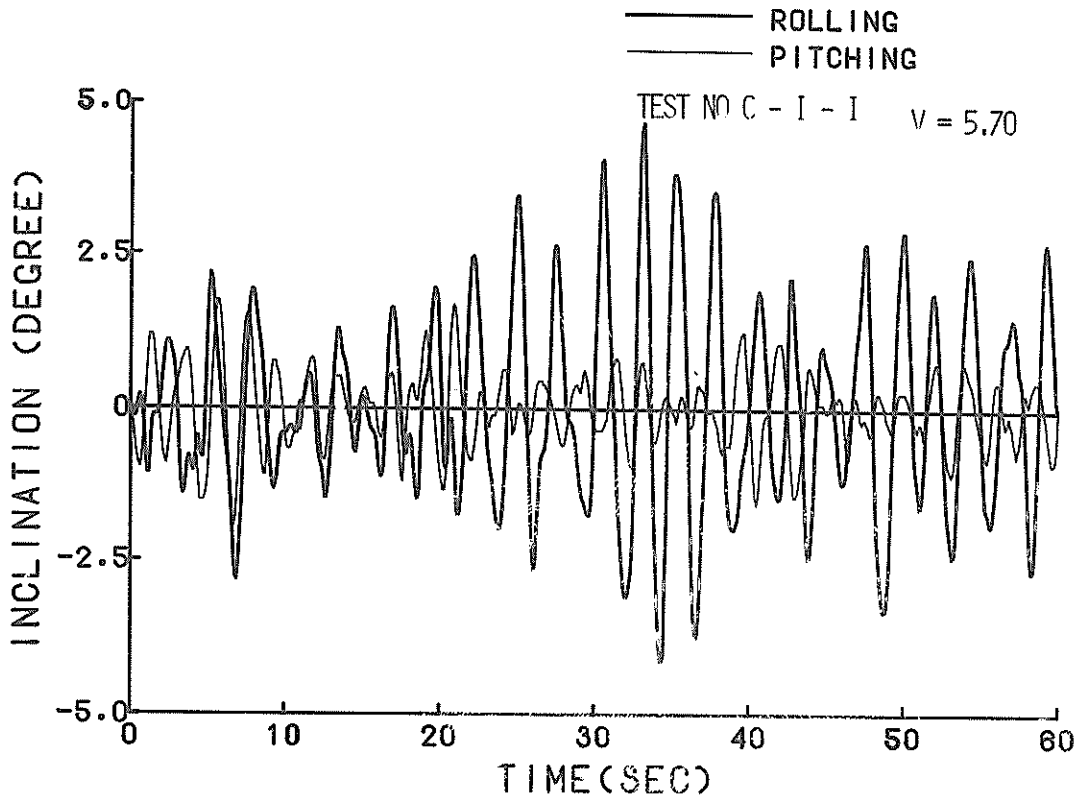


图4-4 动 摇

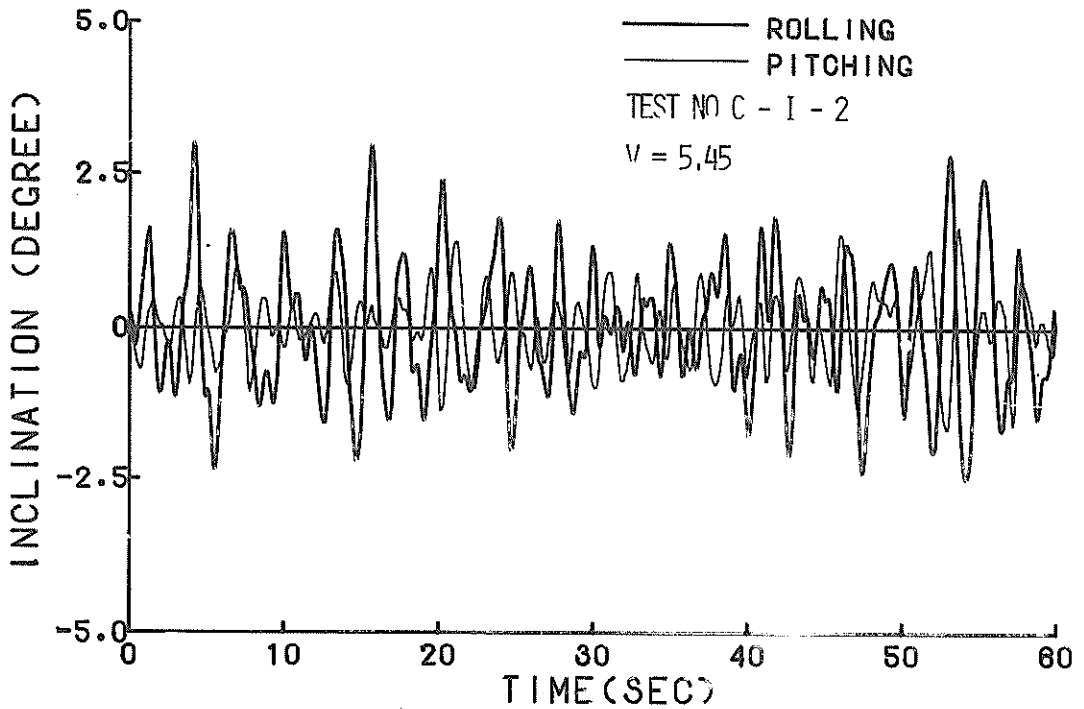


图4-5 动 摇



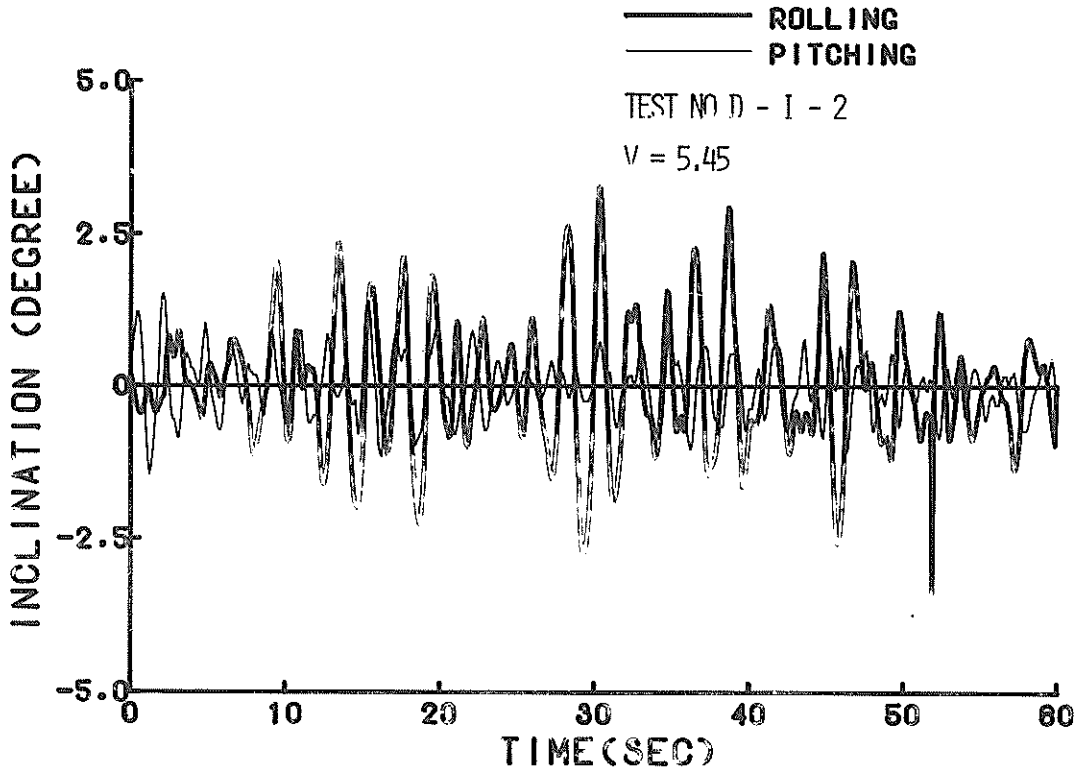


图4-6 动 摇

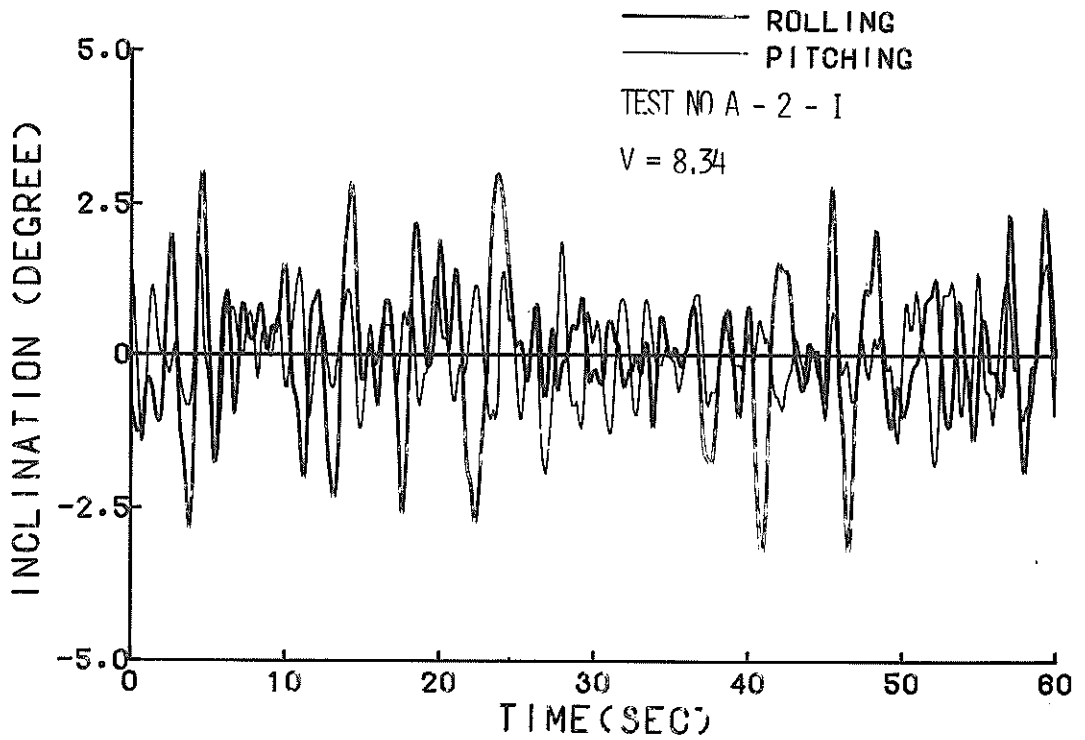


图4-7 动 摇

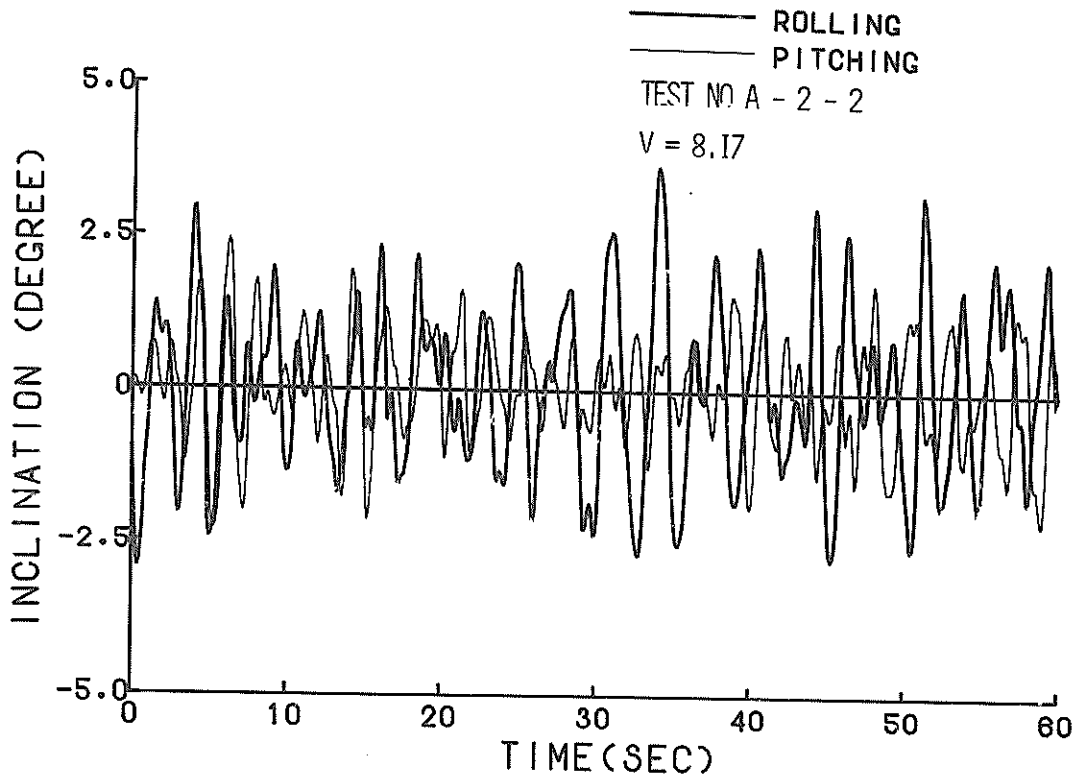


圖4-8 動 搖

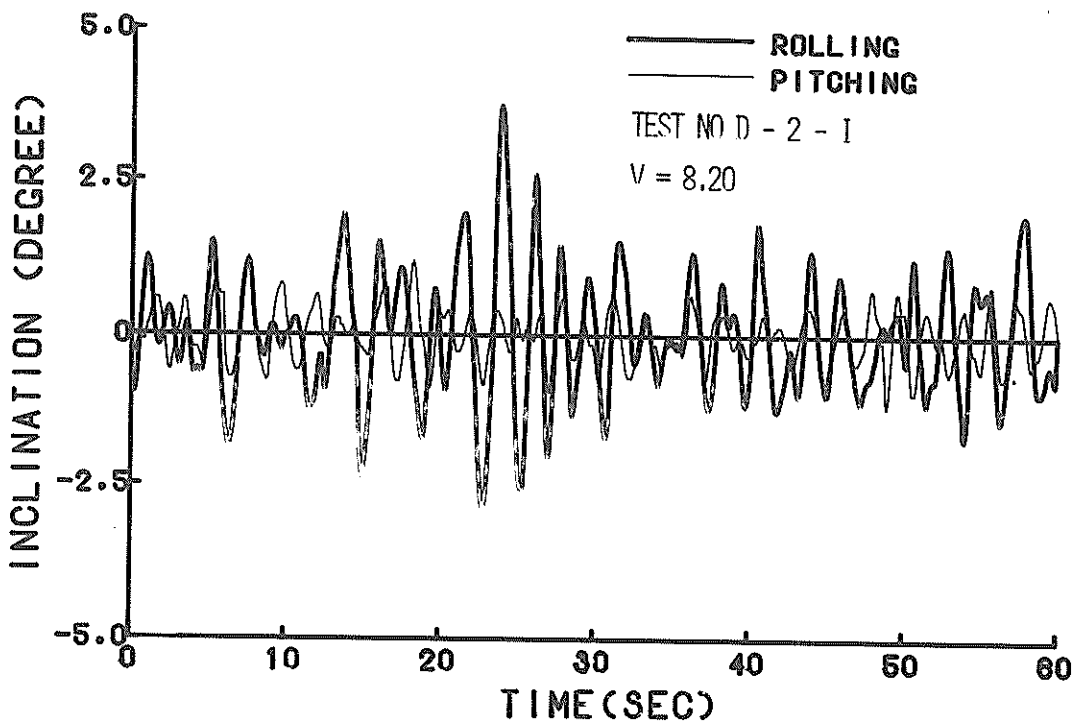


圖4-9 動 搖

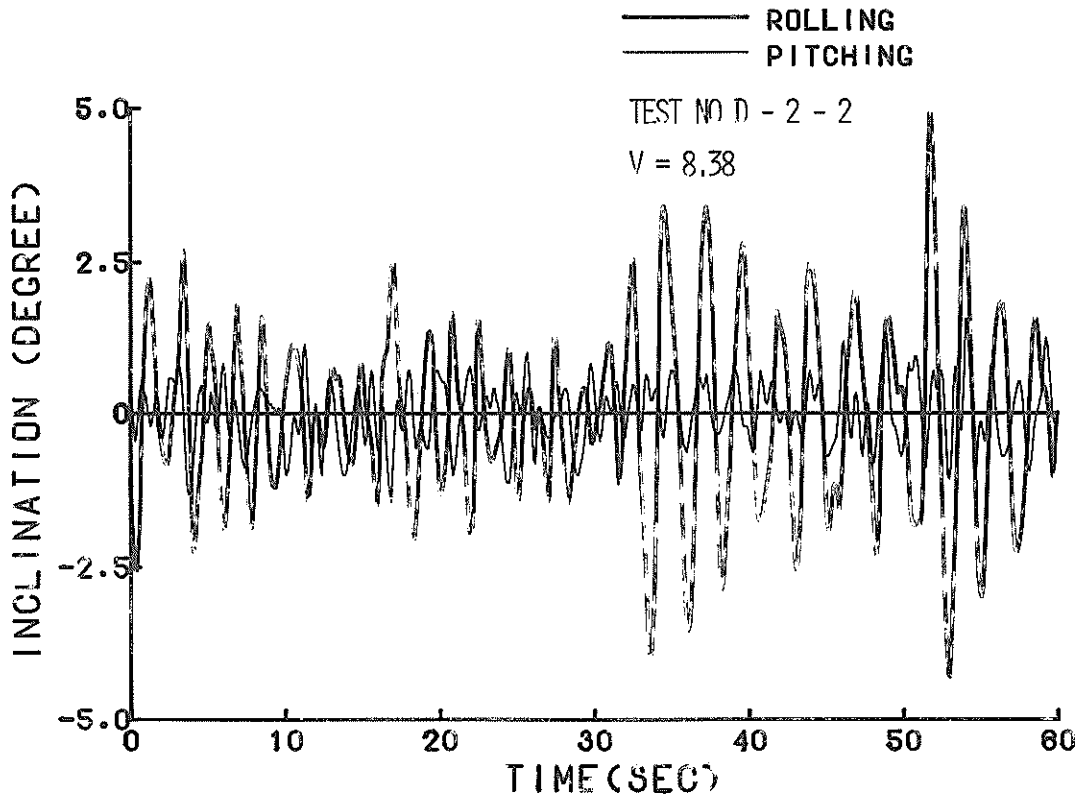


图4-10 动 摇

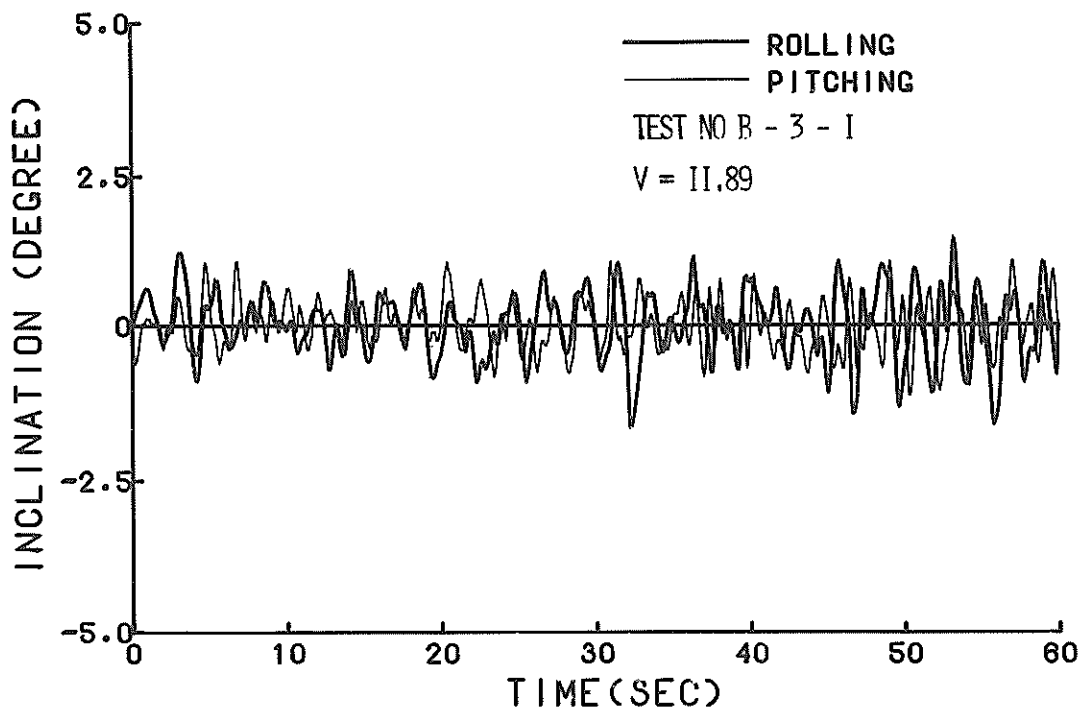


图4-11 动 摇

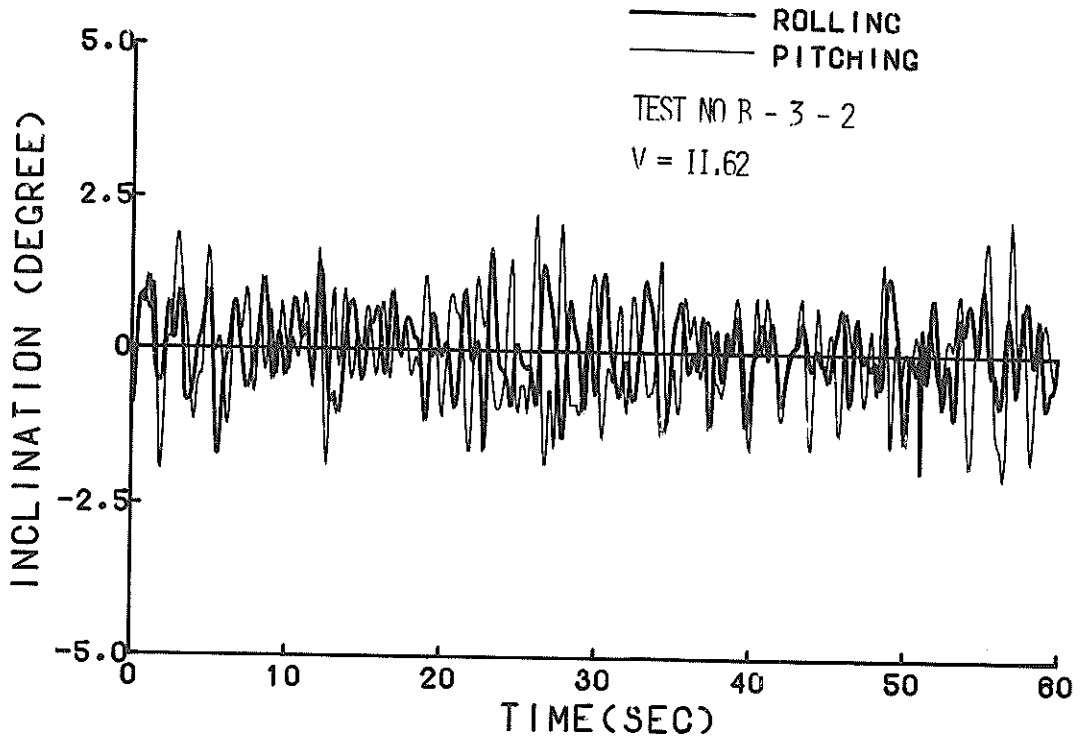


圖4-12 動 搖

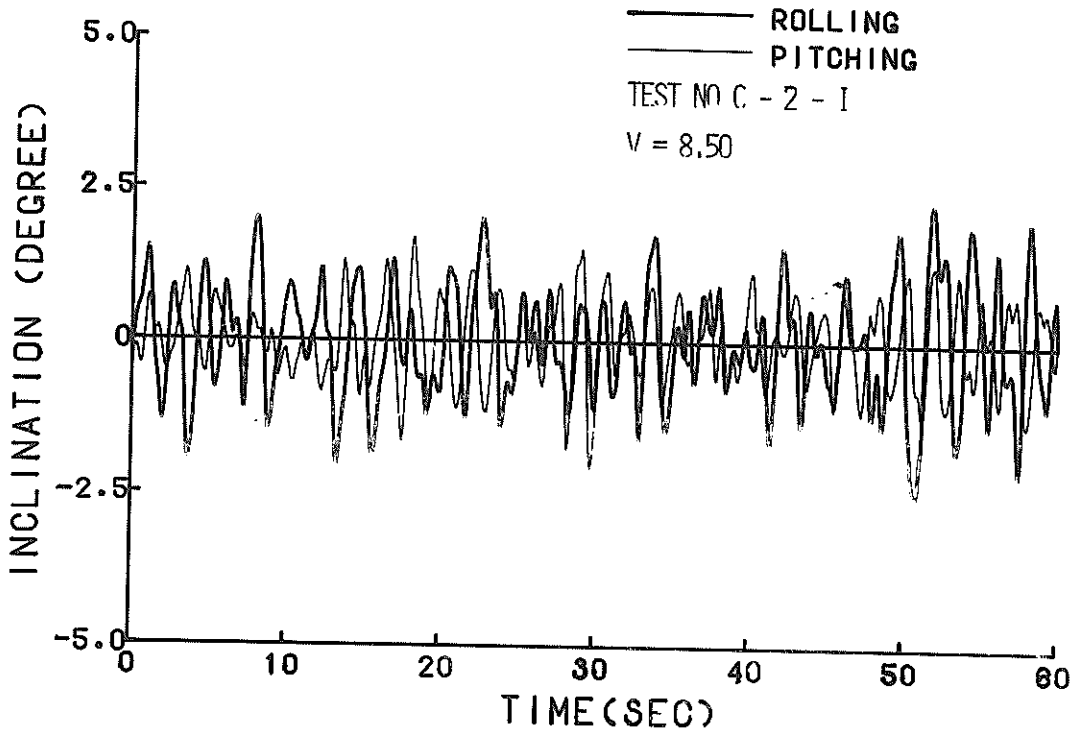


圖4-13 動 搖

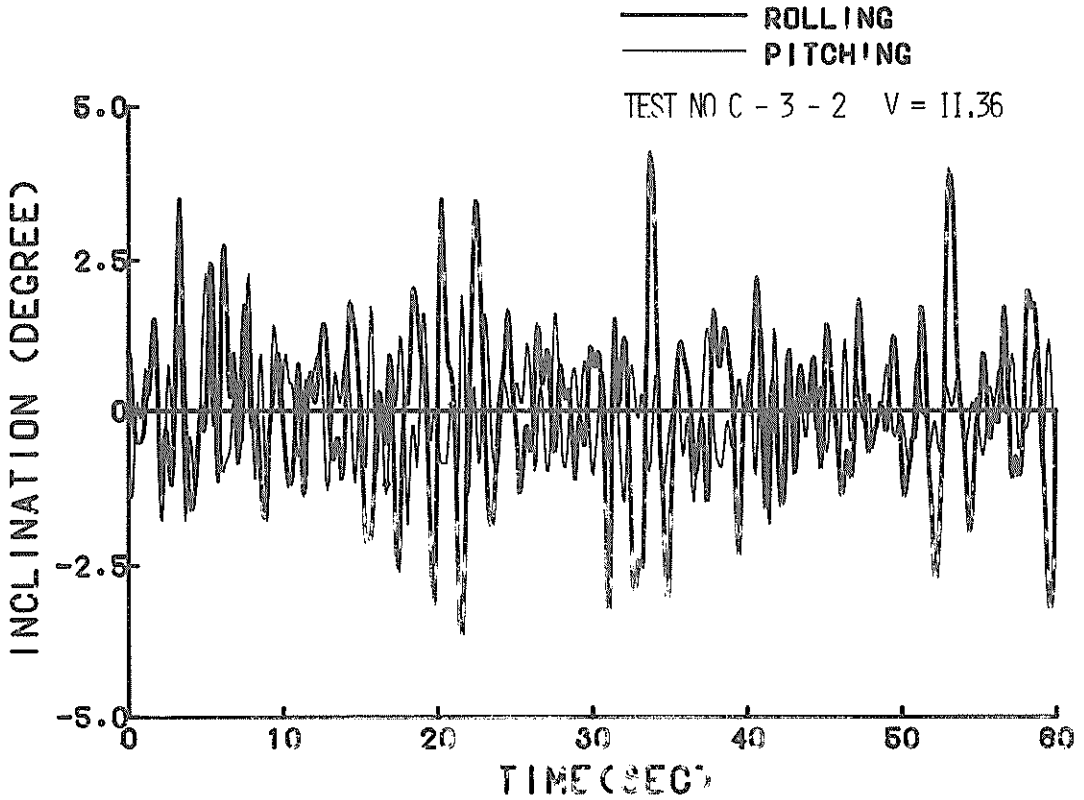


圖4-14 動 搖

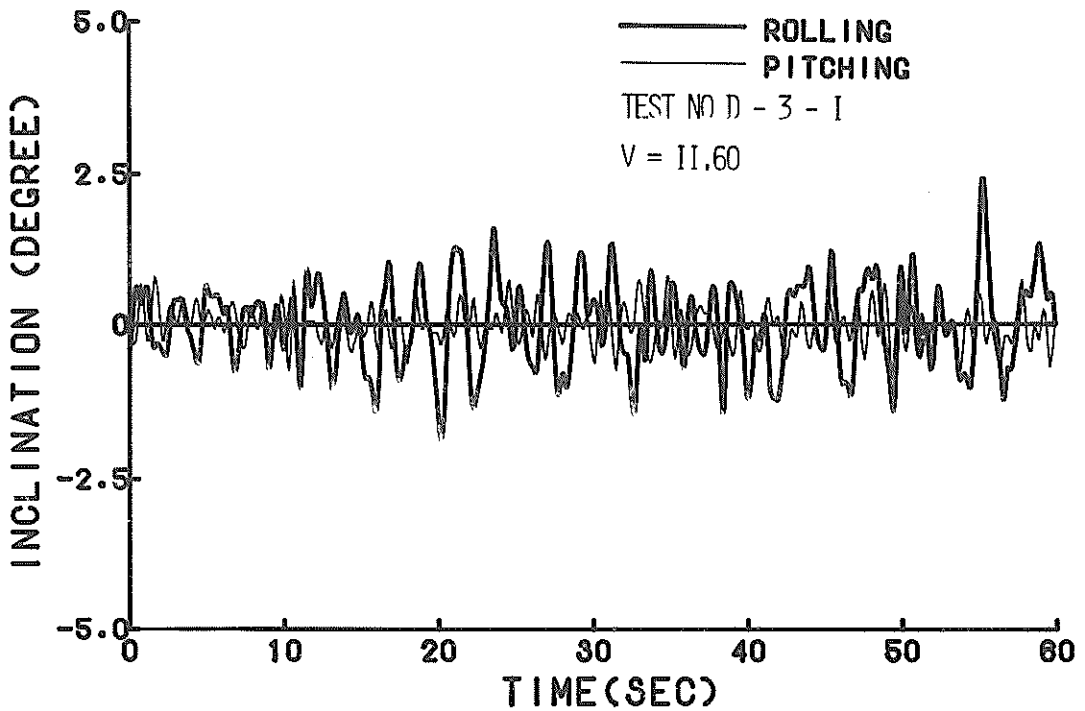


圖4-15 動 搖

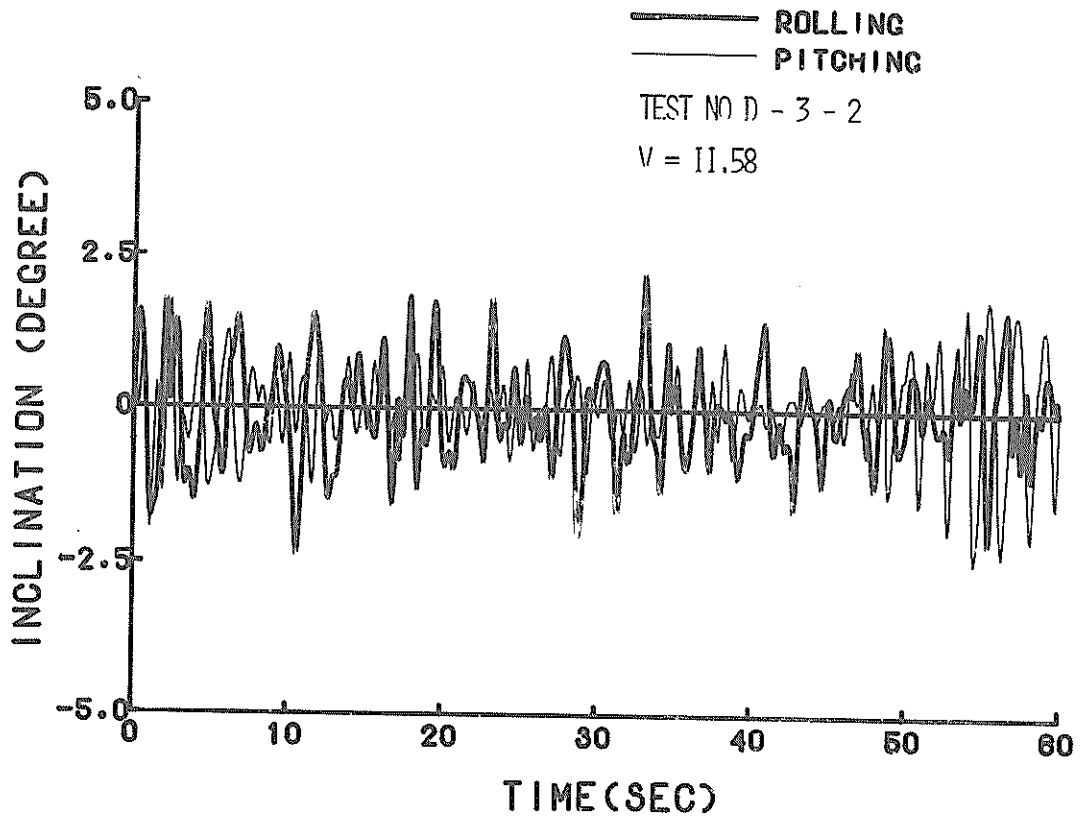


图4-16 动 摇

港湾技研資料 No.167

1973・9

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 日青工業株式会社