

船舶の接岸力について

(偏心接岸の場合)

若 桑 訥*

Estimation of the Magnitude of Lateral Loads on Piled Jetties under Impact of Berthing Vessels

(The Relationship between the Magnitude of Berthing Forces
and the Point of Impact.)

By Totsu Wakakuwa

These studies have been carried out to find the relationship of the magnitude of berthing forces and the distance between the point of impact and the center of ship's mass.

As this basic idea was already described in Monthly Reports of Transportation Technical Research Institute Vol. 11, No. 10, 1961, in this paper, the result of the studies of berthing forces and the experiments conducted from Dec. 1961 to Feb. 1962 are explained.

まえがき

運輸技術研究所報告第11巻第10号において、船舶の接岸力に関し、主として重心接岸の場合について報告したが、同じ設備を用い、引続いて行なつた偏心接岸の場合の実験と研究の結果を本文に報告するものである。

1. 概 要

前報告において、重心接岸の場合の船舶接岸力は、船側に働く水圧を算定し、その大きさを求めらることを報告した。

本報告は、前報告の理論に基づき、繫船施設の防衝工の構造と位置の関係上、船が偏心接岸をして、回転と横揺れ回転を生じる場合について、実験研究した結果である。

すなわち、2においては、運動方程式の誘導をし、回転運動のうち、横揺れ回転は釣合いから接岸力の大きさに影響しないことを推論し、重心と衝突点間の水平距離のみ考えればよい、したがつて前報告(29)、(30)式によつて、船が防衝工に接してから停止するまでの時間(以下現象時間ということとする) t_0 と最大変位 S_0 がもとめられることを述べた。

* 関連施設部

3においては、実験設備の前報告と異なる点を示した。

4においては、実験値を示し、理論値と比較した。

実験は、衝撃点の水平位置と垂直位置の各種組合せについて、接岸速度を変え、又揺れ易いtender ship、揺れ難いstiff shipの状態、および浮心と重心が一致する場合について行なつた。すなわち、回転に対しては、船長の $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, 0各点に、横揺れ回転については、その各点において、衝撃点の高さを変化させて、衝突させた。

この様にして行なわれた実験の結果の測定値が理論値とよく合致していることを述べた。

5は以上の結論で、理論の妥当なことと、接岸力の求め方を述べたものである。

2. 運動方程式の誘導

船側に作用する水圧は、前報告書と同様にとる。(図1)

ξ : 接触した時からの船の重心の変位

s : バネの変形長

r : 重心と衝撃点との y 軸に沿う距離

θ : 水平回転角

z : 重心と衝撃点との鉛直距離

φ : 横揺れ回転角

m : 船の質量

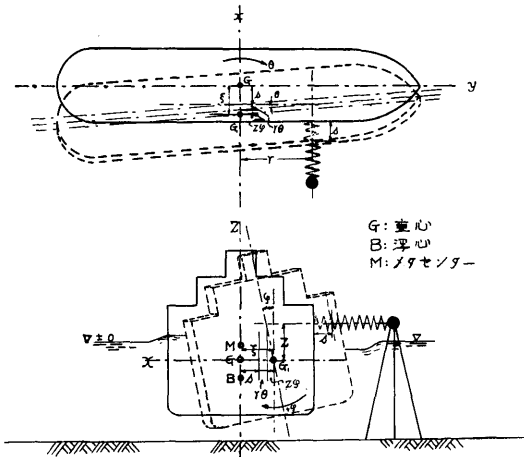


図 1

- W: 船の排水重量
- h: 船のきつ水
- l: 船長 (きつ水線における)
- P: 船側に働く水圧強度
- v_0 : 船の接岸速度
- v : 船の速度 $= \dot{\xi}$
- K: 緩衝工のバネ常数
- I_z : z 軸についての慣性モーメント
- I_y : y 軸についての慣性モーメント

を表わすものとする。

角変化による水圧の変化は、併進運動による変化に比べて小さいから無視して、

$$\begin{aligned} \xi &= s - r\theta - z\varphi \\ m\ddot{\xi} - hLP(v_0 - v) + Ks &= 0 \quad \dots\dots\dots(1) \\ I_z\ddot{\theta} + rKs &= 0 \quad \dots\dots\dots(2) \\ I_y\ddot{\varphi} + zKs \pm hLP(v_0 - v)BG - W \cdot \overline{GM} \cdot \varphi &= 0 \quad \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

(1)式は

$$m(\ddot{s} - r\ddot{\theta} - z\ddot{\varphi}) - hLPv_0 + hLP\dot{s} + Ks = 0 \quad \dots\dots(4)$$

となる。

(3)式において、 φ は小さく、水圧の作用する船側の鉛直面投影の面積は差引変化せず、また復原力によつて、横揺れの回転は釣り合うゆえ、(4)式において、 $\ddot{\varphi}$ を無視できる。(2)式の関係を入れて

$$m(\ddot{s} + r^2Ks/I_z) - hLPv_0 + hLP\dot{s} + Ks = 0 \quad \dots(5)$$

ここで

$$\begin{aligned} S &= s/v_0, \quad k = K/m, \quad \alpha = hLP/m, \\ \beta &= 1 + mr^2/I_z \quad \text{として書きなおせば,} \\ \dot{S} + \alpha\dot{S} + \beta kS - \alpha &= 0 \quad \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

(2)

となり、初期条件 $t=0, S=0, \dot{S}=1$ によつて解を求め、 t, S の最大値を t_0, S_0 とすれば

$$t_0 = \frac{2}{\sqrt{4\beta k - \alpha^2}} \tan^{-1}\left(-\frac{\sqrt{4\beta k - \alpha^2}}{\alpha}\right) \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$S_0 = \frac{\alpha}{\beta k} + \frac{e^{-\frac{\alpha}{2}t_0}}{\sqrt{\beta k}} \quad \dots\dots\dots(8)$$

をうる。(運研報告第11巻第10号, (29), (30)式参照)

以上のことを立証するため以下述べる様な実験を行なつた。

3. 実験設備

運研報告第11巻第10号の設備を用い、ただ、船の航行を防ぐためのガイドの鋼線を、衝撃用ループに船が接触する前に、瞬時に倒れるようにした。これによつて船は衝撃用ループに接触する時には、外力から全く解放された状態となる。

衝撃用ループのバネ常数は 1695gr/cm、船は箱型で、その大きさは次表のとおりである。

長さ	幅	きつ水	質量	I_z
200 cm	40 cm	29.76 cm	242.9387 gr.sec ² /cm	849,358 gr.cm.sec ²
200	40 cm	17.4313 cm	142.2959	512,698

その重量、重心位置、慣性モーメント等の計算を表1, 2, 3, 4, 5に示す。表1は $\overline{BG}=0$ で、これは鋼板⑤と⑥の中心間隔を、 B と G が一致する計算値 21.4cm に合せ調節した。表5は I_z の計算値であるがこの場合軽頭船と重頭船は等しい。

水槽の水深は、それぞれ 35.4 cm, 23.5 cm である。

4. 実験の結果と理論値の比較

実験は、各衝撃点の位置について、接岸速度を、おおむね 2, 3, 4cm/sec の3種にかえて行なつた。

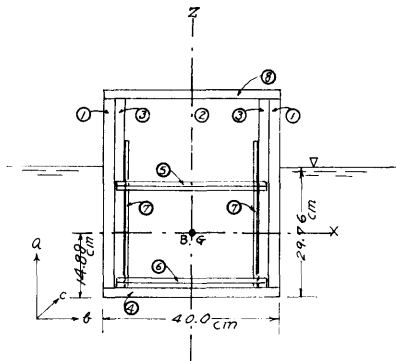
4-1 stiff ship の実験例

表3のとおり、この軽頭船では、重心 G は浮心 B の下 1.1249cm にあり、 \overline{GM} は 8.77cm である。

4-1.1 中央接岸の実験例

図2は実験 No. 2, 17, 22, 23, 28 の電磁オシログラフの記録である。衝撃点は、それぞれ水面に対し、+4.0, ± 0 , -4.0, -6.0, -8.5cmの位置にある。記録の曲線の中 S 印のものは変位を示し、

表 1



慣性モーメントの計算
 A₁型 重量 238.08 (kg)の場合
 船の木材部の重量 36.77 (kg)
 鋼板の重量 { 上 98.63 (kg)
 下 99.23 (kg)
 計 197.86 (kg)
 ホルトの重量 8本 2.45 (kg)
 ガイドの重量 1.00 (kg)
 木材の単位重量 0.5545 (gr/cm³)
 木材の単位質量 $\rho = 0.5658 \times 10^{-3}$ (gr.sec²/cm³)
 船の木材部の質量 37.5204 (gr.sec²/cm)
 鋼板の質量 { 上 100.6429 (")
 下 101.2551 (")
 ホルトの質量 4本 1.2500 (")
 ガイドの質量 1.2040 (")

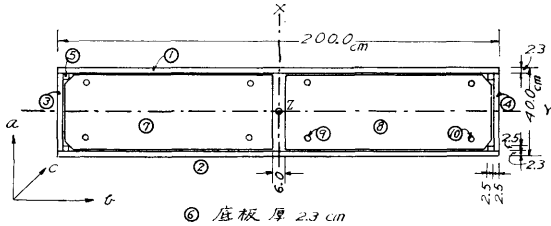
慣性モーメント I_y の計算表

行号	a	b	c	$\rho a b c$	a^2	b^2	$(a^2+b^2)/2$	X ₀	Z ₀	X ₀ ²	Z ₀ ²	I _y (gr.sec ² cm)
木 ① ^{2*}	42.7	2.3	200.00	222268	1823.2900	5.2900	152.3817	18.85	8.77	355.3225	76.9129	12994.1674
材 ② ^{2*}	42.7	35.4	2.50	4.2762	1823.2900	1274.4900	258.1483	—	8.77	—	76.9129	1432.7887
部 ③ ^{4*}	42.7	2.5	2.50	0.6039	1823.2900	6.2500	152.4617	16.45	8.77	270.6025	76.9129	301.9362
令 ④ ^{1*}	2.3	40.0	200.00	10.4107	5.2900	1600.0000	133.7742	—	13.73	—	188.5129	3355.2343
鋼 ⑤	2.0	34.4	187.50	100.6429	4.0000	1183.3600	98.9467	—	9.82	—	96.4324	19663.5192
板 ⑥	2.0	34.4	188.00	101.2551	4.0000	1183.3600	98.9467	—	11.58	—	134.0744	23576.8024
部 ⑦ ^{4*}	33.0	—	—	2.5000	—	—	—	15.00	1.62	225.0000	2.6244	725.9360
令 ⑧	—	—	—	1.0240	—	—	—	30.12	—	907.2144	—	925.7216
計												63066.1038

(単位 gr. cm. sec)

表 2

慣性モーメント I_x の計算



A₁型 重量 238.08 (kg)の場合

計算表

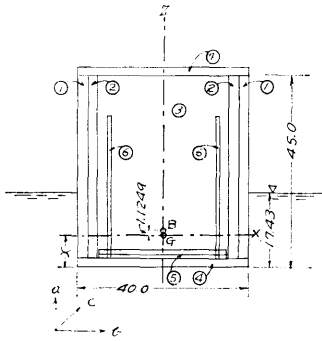
行号	a	b	c	$\rho a b c$	a^2	b^2	$(a^2+b^2)/2$	X ₀	Y ₀	X ₀ ²	Y ₀ ²	I _x (gr.sec ² cm)
①	2.3	200.00	42.7	11.1134	5.2900	40000.00	3333.7742	18.85	—	355.3225	—	40998.4073
木 ②	2.3	200.00	42.7	11.1134	5.2900	40000.00	3333.7742	18.85	—	355.3225	—	40998.4073
材 ③	35.4	2.50	42.7	2.1381	1253.1600	6.25	104.9503	—	98.75	—	9751.5625	21074.2100
部 ④	35.4	2.50	42.7	2.1381	1253.1600	6.25	104.9503	—	98.75	—	9751.5625	21074.2100
令 ⑤ ^{4*}	2.5	2.50	42.7	0.6039	6.2500	6.25	104.17	16.45	96.25	270.6025	9264.0625	5758.6133
⑥	40.0	200.00	2.3	10.4107	1600.0000	40000.00	3466.6667	—	—	—	—	36090.4270
鋼 ⑦	34.4	94.00	2.0	100.9490	1183.3600	8836.00	834.9467	—	50.00	—	2500.0000	336659.5344
板 ⑧	34.4	94.00	2.0	100.9490	1183.3600	8836.00	834.9467	—	50.00	—	2500.0000	336659.5344
部 ⑨ ^{1*}	—	—	33.0	1.2500	—	—	—	12.20	13.00	148.8400	169.0000	397.3000
令 ⑩ ^{4*}	—	—	33.0	1.2500	—	—	—	12.20	87.00	148.8400	7569.0000	9647.3000
計												849357.9437

(単位 gr. cm. sec)

表 3

慣性モーメントの計算

A₁型 重量 139450 (gr) 船木材部重量 36770 (gr)
 吃水 17.4313 (cm) * 鋼板部 99230 (gr)
 ボルト 8本 2450 (g)
 ガイド 1000 (g)
 木材単位 0.5545 (gr/cm³)



重心位置の計算表

符号	a (cm)	b (cm)	C (cm)	重量 (gr)	力臂 (cm)	モーメント (gr.cm)
木 ① ^{x2}	42.7	2.3	200.0	21782.9780	23.65	515167.4297
材 ② ^{x4}	42.7	2.5	2.5	591.9288	23.65	13999.1161
部 ③ ^{x2}	42.7	33.4	2.5	4190.8556	23.65	99113.7349
分 ④	2.3	40.0	200.0	10202.8000	1.15	11733.2200
鋼 ⑤	2.0	34.4	188.0	99230.0000	3.30	327459.0000
材 ⑥ ^{x8}	33.0	--	--	2450.0000	18.80	46060.0000
分 ⑦	--	--	--	1000.0000	45.00	45000.0000
計	--	--	--	139450.0000	--	1058532.5007
X (cm)	7.5908					

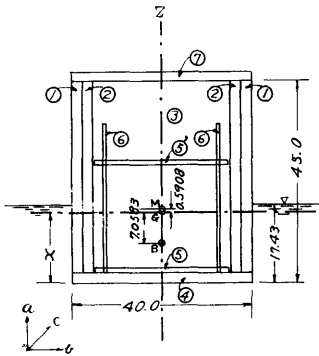
慣性モーメント I_y の計算表

符号	a (cm)	b (cm)	C (cm)	abc (g/cm ³)	a ² (cm ²)	b ² (cm ²)	$\frac{a^2+b^2}{12}$ (cm ²)	X ₁ (cm)	Z ₁ (cm)	X ₁ ² (cm ²)	Z ₁ ² (cm ²)	I _y (gr.sec ² .cm)
木 ① ^{x2}	42.7	2.3	200.00	22.2268	1823.2900	5.2900	152.3817	18.85	16.0592	355.3225	257.8979	17016.8848
材 ② ^{x4}	42.7	2.5	2.5	6.6039	1823.2900	1274.4900	258.1483	16.45	16.0592	270.6025	257.8979	475.0571
部 ③ ^{x2}	42.7	33.4	2.5	4.2762	1823.2900	6.2500	152.4617	--	16.0592	--	257.8979	1754.7797
分 ④	2.3	40.0	200.00	10.4107	5.2900	1600.0000	133.7742	--	6.4408	--	41.4839	1824.5595
鋼 ⑤	2.0	34.4	188.00	10.1251	4.0000	1183.3600	98.9467	--	4.2908	--	18.4110	1188.3065
材 ⑥ ^{x8}	33.0	--	--	2.5000	1089.0000	--	90.7500	15.00	11.2092	225.0000	125.6462	1103.4905
分 ⑦	--	--	--	1.0204	--	--	--	--	37.4092	--	1399.4482	1427.9969
計	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	35485.8341

表 4

慣性モーメントの計算

A₁型 重量 139450 (gr) 船木材部重量 36770 (gr)
 吃水 17.4313 (cm) * 鋼材部重量 99230 (gr)
 ボルト 8本 2450 (g)
 ガイド 1000 (g)
 木材単位 0.5545 (gr/cm³)

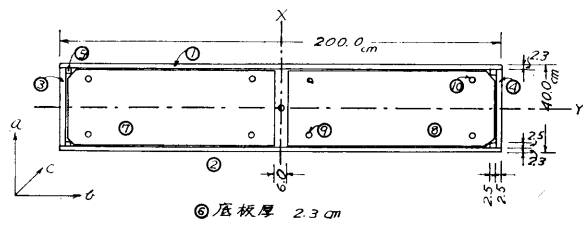


重心位置の計算表

符号	a (cm)	b (cm)	C (cm)	重量 (gr)	力臂 (cm)	モーメント (gr.cm)
木 ① ^{x2}	42.7	2.3	200.0	21782.9780	23.65	515167.4297
材 ② ^{x4}	42.7	2.5	2.5	591.9288	23.65	13999.1161
部 ③ ^{x2}	42.7	33.4	2.5	4190.8556	23.65	99113.7349
分 ④	2.3	40.0	200.0	10202.8000	1.15	11733.2200
鋼 ⑤	1.0	34.4	188.0	49615.0000	2.80	138922.0000
材 ⑥	1.0	34.4	188.0	49615.0000	26.80	1329682.0000
部 ⑥ ^{x8}	33.0	--	--	2450.0000	18.80	46060.0000
分 ⑦	--	--	--	1000.0000	45.00	45000.0000
計	--	--	--	139450.0000	--	2199677.5007
X	15.7740					

符号	a (cm)	b (cm)	C (cm)	abc (g/cm ³)	a ² (cm ²)	b ² (cm ²)	$\frac{a^2+b^2}{12}$ (cm ²)	X ₁ (cm)	Z ₁ (cm)	X ₁ ² (cm ²)	Z ₁ ² (cm ²)	I _y (gr.sec ² .cm)
木 ① ^{x2}	42.7	2.3	200.0	22.2268	1823.2900	5.2900	152.3817	18.85	7.8760	355.3225	62.0314	12663.3992
材 ② ^{x4}	42.7	2.5	2.5	6.6039	1823.2900	1274.4900	258.1483	16.45	7.8760	270.6025	62.0314	356.7734
部 ③ ^{x2}	42.7	33.4	2.5	4.2762	1823.2900	6.2500	152.4617	--	7.8760	--	62.0314	917.2154
分 ④	2.3	40.0	200.0	10.4107	5.2900	1600.0000	133.7742	--	14.6240	--	213.8614	3619.1299
鋼 ⑤	1.0	34.4	188.0	50.6276	1.0000	1183.3600	98.6967	--	11.0260	--	121.5727	11151.7111
材 ⑥	1.0	34.4	188.0	50.6276	1.0000	1183.3600	98.6967	--	129.740	--	168.3247	13518.6526
部 ⑥ ^{x8}	33.0	--	--	2.5000	1089.0000	--	90.7500	15.00	11.2092	225.0000	125.6462	1103.4905
分 ⑦	--	--	--	1.0204	--	--	--	--	37.4092	--	1399.4482	1427.9969
計	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	44758.3690

表 5
慣性モーメント I_x の計算



A₁型
重量 139450 (gr) の場合

符号	a (cm)	t (cm)	C (cm)	$Pabc \left(\frac{cm^3}{cm^2}\right)$	$A^2 (cm^2)$	$b^2 (cm^2)$	$\frac{a^2 b^2}{12} (cm^4)$	$X_c (cm)$	$Y_c (cm)$	$X_c^2 (cm^2)$	$Y_c^2 (cm^2)$	$I_x (gr \cdot sec^2 \cdot cm)$
木部 ①	2.3	200.0	42.7	11.1134	5.29	40000.00	3333.7742	18.85	—	355.3225	—	40998.4073
②	2.3	200.0	42.7	11.1134	5.29	40000.00	3333.7742	18.85	—	355.3225	—	40998.4073
③	35.4	2.5	42.7	2.1381	1253.16	6.25	1049503	—	98.75	—	9751.5625	21074.2100
④	35.4	2.5	42.7	2.1381	1253.16	6.25	1049503	—	98.75	—	9751.5625	21074.2100
⑤ ^{x4}	2.5	2.5	42.7	0.6039	6.25	6.25	1.0417	16.45	96.25	270.6025	9264.0625	5758.6133
⑥	40.0	200.0	2.3	10.4107	1600.00	40000.00	3466.6667	—	—	—	—	36090.4270
鋼材 ⑦	34.4	94.0	1.0	50.6276	1183.36	88.36.00	834.9467	—	50.00	—	2500.0000	168329.7672
⑧	34.4	94.0	1.0	50.6276	1183.36	88.36.00	834.9467	—	50.00	—	2500.0000	168329.7672
⑨ ^{x4}	—	—	3.30	1.2500	—	—	—	12.20	13.00	148.8400	169.0000	397.3000
⑩ ^{x4}	—	—	3.30	1.2500	—	—	—	12.20	87.00	148.8400	7569.0000	9647.3000
計	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	512698.4093

表 6 62.1.16. 中央衝撃

61.12.27

A₁型中央衝撃
水深 H 23.5 cm
吃水 h 17.4313 cm
重心位置水面下 9.8405 cm
W 139.450 gr
M 142.2959 (gr sec²/cm)

実験番号	t ₁ (Sec)	U ₁ (%Sec)	電磁材の跳 Δ ₁ (cm)	Δ ₁ (cm)	S ₁ (Sec)	水面と棒尖位置関係
NO. 1	0.68	3.14	3.05	1.135	0.3610	± 0 (cm)
NO. 2	0.66	3.50	3.35	1.246	0.3562	+4.0
平均	0.67	—	—	—	0.3590	—

実験番号	t ₁ (Sec)	U ₁ (%Sec)	電磁材の跳 Δ ₁ (cm)	Δ ₁ (cm)	S ₁ (Sec)	水面と棒尖位置関係
NO. 17	0.66	4.10	3.94	1.4657	0.3575	± 0 (cm)
NO. 18	0.65	3.20	3.07	1.1495	0.3592	± 0
NO. 19	0.65	2.10	2.01	0.7477	0.3560	± 0
NO. 20	0.65	2.00	1.95	0.7254	0.3627	-4.0
NO. 21	0.65	3.35	3.26	1.2127	0.3620	-4.0
NO. 22	0.65	3.95	3.83	1.4248	0.3607	-4.0
NO. 23	0.65	3.60	3.51	1.3057	0.3627	-6.0
NO. 24	0.65	3.25	3.17	1.1792	0.3628	-6.0
NO. 25	0.65	2.00	1.90	0.7068	0.3534	-6.0
NO. 26	0.65	2.00	1.94	0.7217	0.3609	-8.5
NO. 27	0.65	3.30	3.18	1.1830	0.3585	-8.5
NO. 28	0.65	4.10	4.01	1.4917	0.3638	-8.5
平均	0.65	—	—	—	0.3600	—

実験番号	t ₁ (Sec)	U ₁ (%Sec)	電磁材の跳 Δ ₁ (cm)	Δ ₁ (cm)	S ₁ (Sec)	水面と棒尖位置関係
NO. 1	0.27	2.25	1.00	0.3772	0.165	± 0 (cm)
NO. 2	0.28	3.30	1.42	0.528	0.160	± 0
NO. 3	0.28	4.00	1.75	0.651	0.163	± 0
NO. 4	0.28	4.00	1.70	0.633	0.158	+4.0
NO. 5	0.26	3.15	1.40	0.521	0.165	+4.0
NO. 6	0.28	2.00	0.83	0.309	0.155	+4.0
NO. 7	0.28	2.15	0.95	0.353	0.165	-4.0
NO. 8	0.28	3.40	1.50	0.558	0.164	-4.0
NO. 9	0.28	4.00	1.72	0.640	0.160	-4.0
NO. 10	0.28	3.40	1.50	0.558	0.164	-6.5
NO. 11	0.28	4.00	1.80	0.670	0.167	-6.5
NO. 12	0.27	2.30	1.04	0.387	0.166	-6.5
NO. 13	0.27	2.20	0.90	0.335	0.152	-8.5
NO. 14	0.27	3.20	1.37	0.510	0.160	-8.5
NO. 15	0.27	4.30	1.92	0.714	0.166	-8.5
平均	0.275	—	—	—	0.162	—

61.12.25.26 1/4 角衝撃

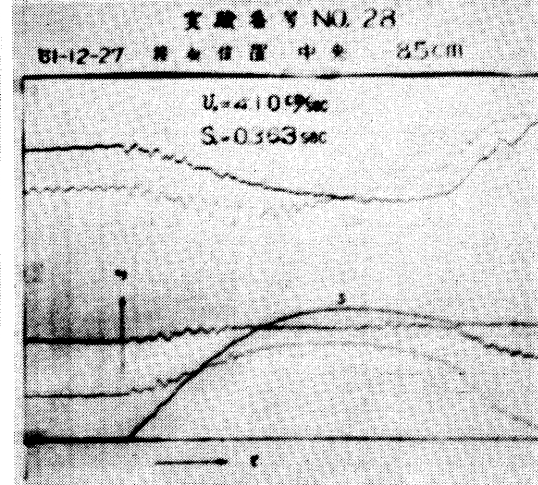
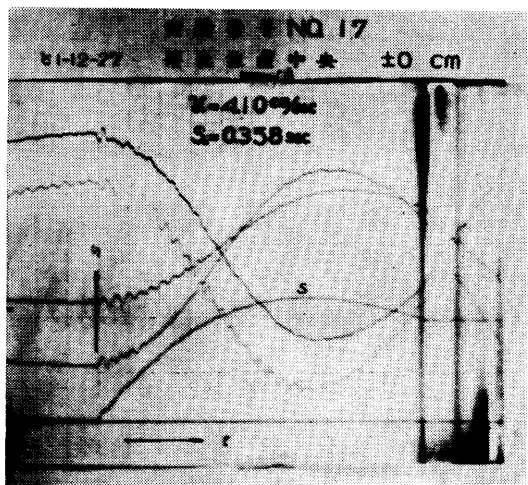
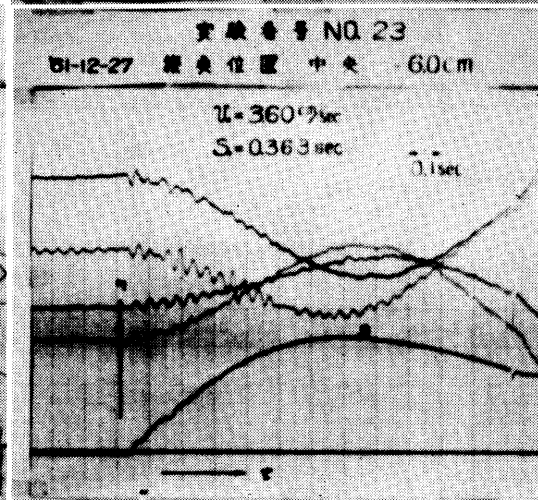
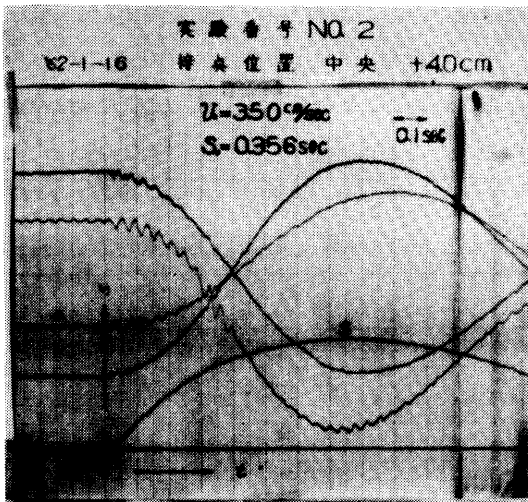
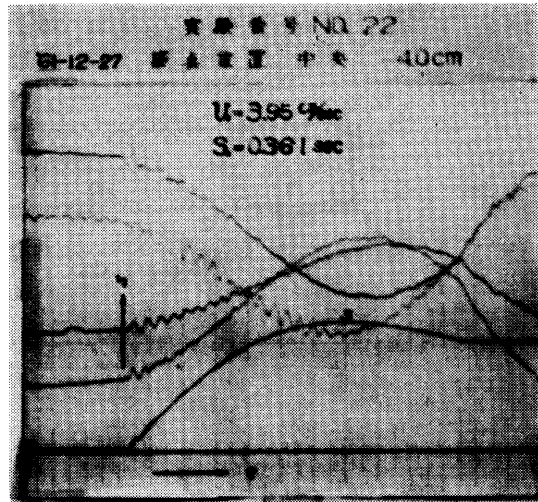
実験番号	t ₁ (Sec)	U ₁ (%Sec)	電磁材の跳 Δ ₁ (cm)	Δ ₁ (cm)	S ₁ (Sec)	水面と棒尖位置関係
NO. 1	0.44	2.20	1.57	0.5840	0.2655	-6.0 (cm)
NO. 2	0.45	2.10	1.49	0.5543	0.2640	-8.5
NO. 3	0.45	1.90	1.35	0.5023	0.2644	-8.5
NO. 4	0.45	2.15	1.50	0.5580	0.2595	-4.0
NO. 5	0.45	2.00	1.45	0.5394	0.2697	± 0
NO. 6	0.45	3.50	2.50	0.9300	0.2657	± 0
NO. 7	0.45	3.55	2.50	0.9300	0.2620	-4.0
NO. 8	0.45	3.45	2.44	0.9077	0.2631	-6.0
NO. 9	0.45	3.50	2.56	0.9523	0.2721	-8.5
NO. 10	0.45	3.55	2.49	0.9263	0.2609	-8.5
NO. 11	0.45	3.40	2.40	0.8928	0.2626	-8.5
NO. 12	0.45	4.15	2.92	1.0862	0.2617	-8.5
NO. 13	0.45	4.10	2.90	1.0788	0.2631	-8.5
NO. 14	0.45	3.90	2.72	1.0118	0.2594	-6.0
NO. 15	0.45	4.15	2.90	1.0788	0.2600	-4.0
NO. 16	0.45	4.15	2.93	1.0900	0.2627	± 0
平均	0.45	—	—	—	0.2635	—

実験番号	t ₁ (Sec)	U ₁ (%Sec)	電磁材の跳 Δ ₁ (cm)	Δ ₁ (cm)	S ₁ (Sec)	水面と棒尖位置関係
NO. 1	0.61	2.20	2.71	0.948	0.431	± 0 (cm)
NO. 2	0.62	3.30	3.42	1.196	0.362	± 0
NO. 3	0.61	4.25	4.15	1.451	0.346	± 0
平均	0.613	—	—	—	0.374	—

実験番号	t ₁ (Sec)	U ₁ (%Sec)	電磁材の跳 Δ ₁ (cm)	Δ ₁ (cm)	S ₁ (Sec)	水面と棒尖位置関係
NO. 1	0.35	3.20	1.69	0.629	0.197	± 0 (cm)
NO. 2	0.34	2.10	1.04	0.387	0.185	± 0
NO. 3	0.34	4.00	2.19	0.813	0.204	± 0
NO. 4	0.34	4.00	2.20	0.818	0.205	± 0
平均	0.343	—	—	—	0.198	—

変位-時間記録

A₁ 型 船 長 $l=200\text{cm}$
 船 巾 40cm
 吃 水 $h=17.43\text{cm}$
 重心位置 -9.84cm
 \overline{GM} 8.77cm
 質 量 $m=142.3\text{gr}\cdot\text{sec}^2/\text{cm}$
 水 深 $H=23.5\text{cm}$
 ループバネ常数 $K=1695\text{gr}/\text{cm}$



図

他の4線は船例に取り付けた水圧計の記録で、水圧とローリングによる水圧計の位置の水面からの変化の和を示している。

下方に最大値をもつ曲線は、船の進行方向の舷側の中央と端（接点と反対方向の）のもの記録であり、上方に最大値をもつ曲線は、その反対船側の端と中央の計器の水圧を示している。圧力の記録は上方へ+、下方へ-を示している。

すなわち、進行方向の船側では負圧、反対側では正圧となっている。

この水圧の記録では、水圧の強度ははかることはできないが、ローリングの程度が判る。

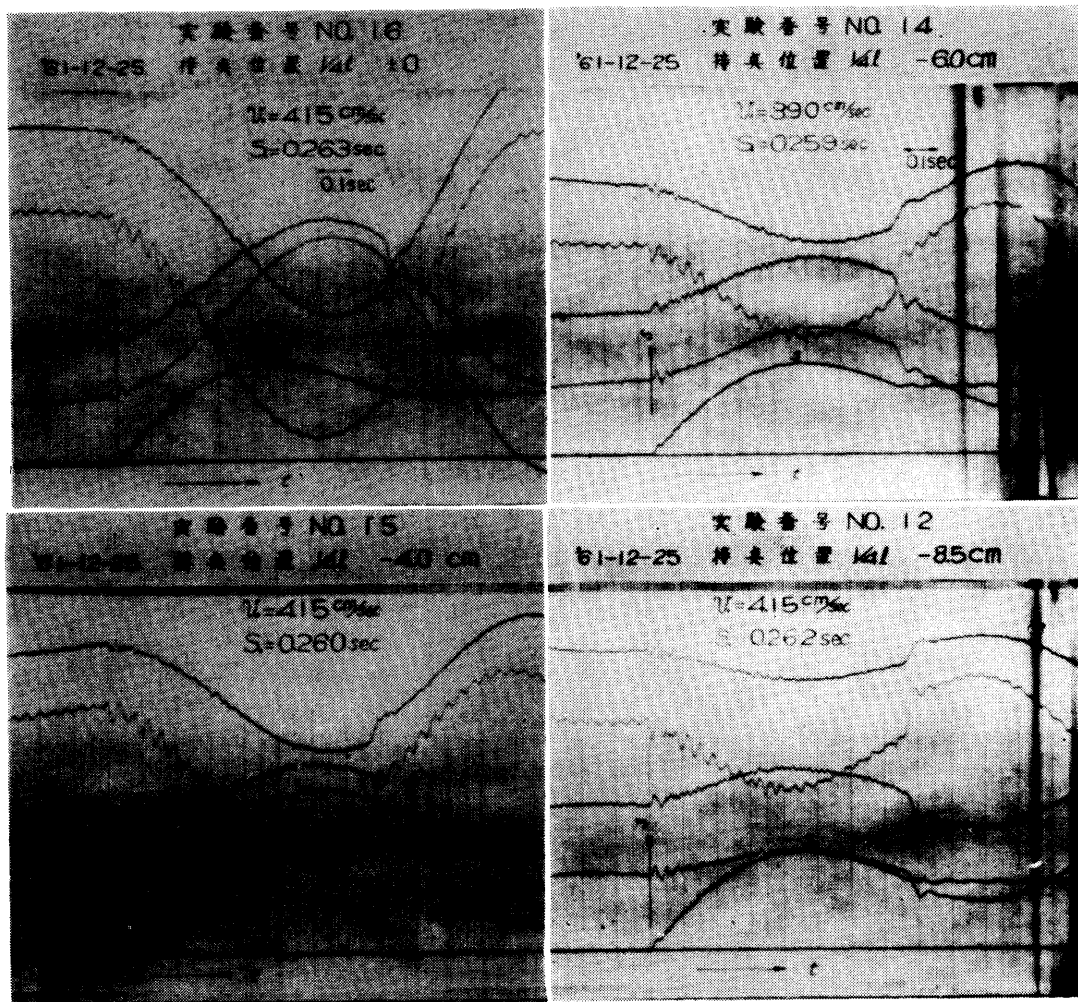
接点は、上記の順に重心に近づくのであるが、実験 No. 2 ではローリングが大きく、順次小さくなり、No. 28 に到つては、揺れの小さいことが判る。

このような実験の記録の読みを取りまとめ、表示した

変位—時間記録

A₁ 型 船 長 $l=200\text{cm}$
 船 巾 40cm
 吃 水 $h=17.43\text{cm}$
 重心位置 -9.84cm

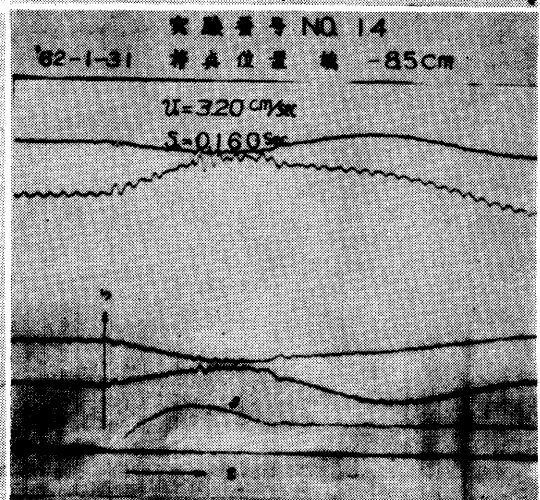
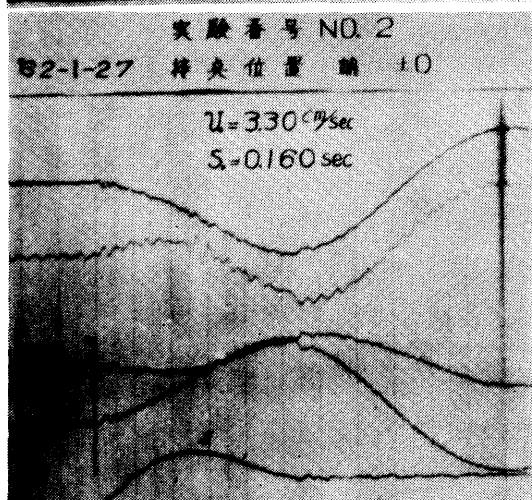
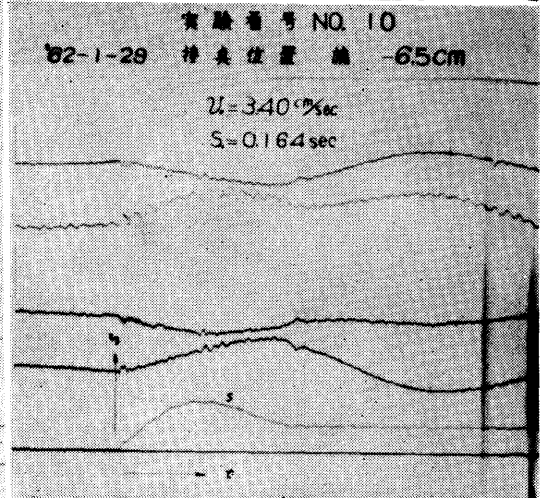
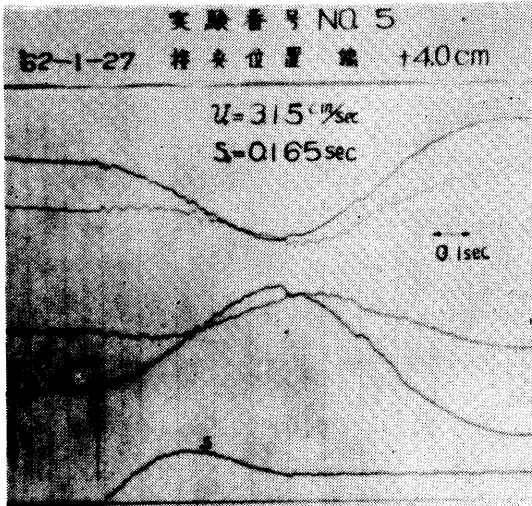
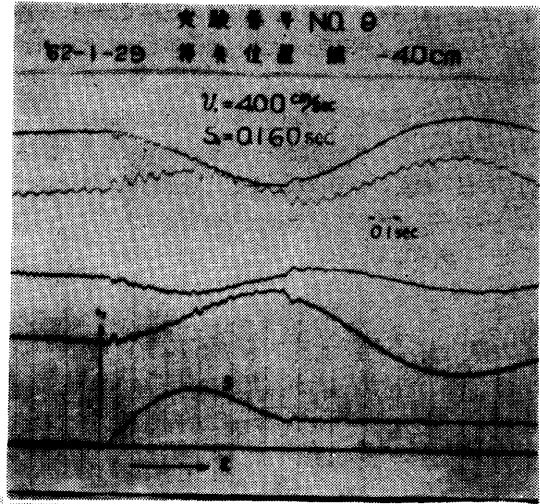
\overline{GM} 8.77cm
 質 量 $m=142.3\text{gr}\cdot\text{sec}^2/\text{cm}$
 水 深 $H=23.5\text{cm}$
 ループバネ常数 $K=1695\text{gr}/\text{cm}$



図

変位-時間記録

A ₁ 型	船長	$l=200\text{cm}$
	船巾	40cm
	吃水	$h=17.43\text{cm}$
	重心位置	-9.84cm
	\overline{GM}	8.77cm
	質量	$m=142.3\text{gr}\cdot\text{sec}^2/\text{cm}$
	水深	$H=23.5\text{cm}$
	ループバネ常数	$K=1695\text{gr}/\text{cm}$



図

変位-時間記録

A₁ 型 船長 $l=200\text{cm}$
 船巾 40cm
 吃水 $h=17.43\text{cm}$
 重心位置 -1.66cm
 \overline{GM} 0.59cm
 質量 $m=142.3\text{gr}\cdot\text{sec}^2/\text{cm}$
 水深 $H=23.5\text{cm}$
 ループバネ常数 $K=1695\text{gr}/\text{cm}$

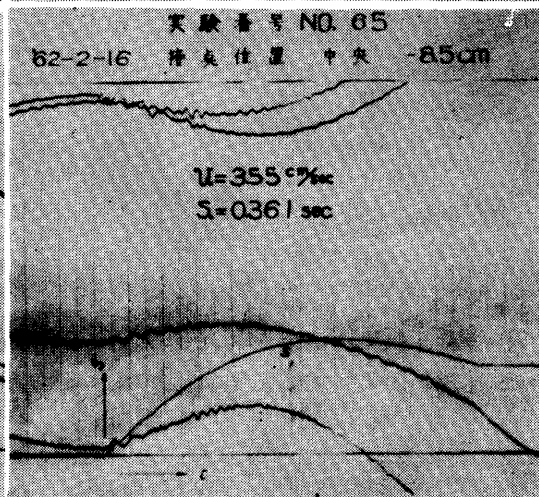
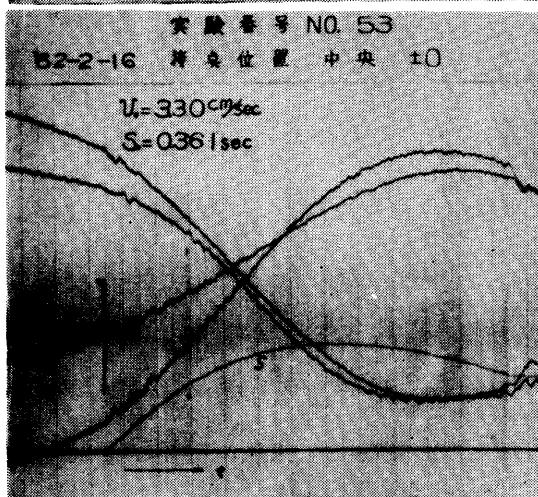
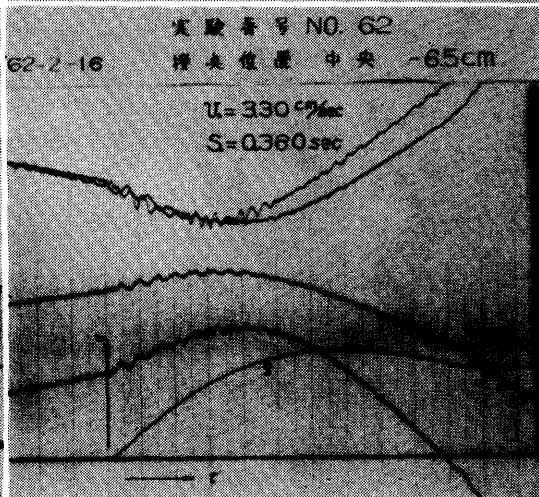
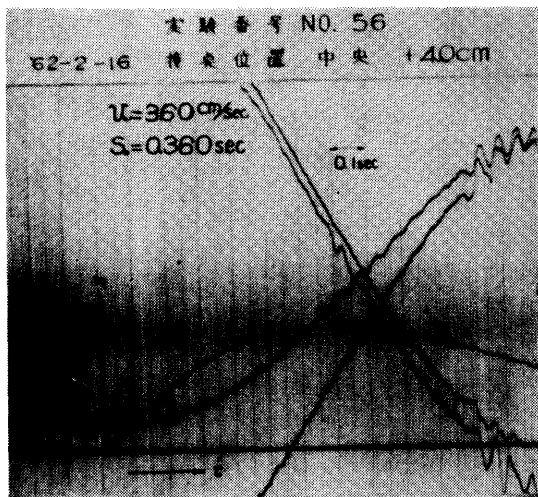
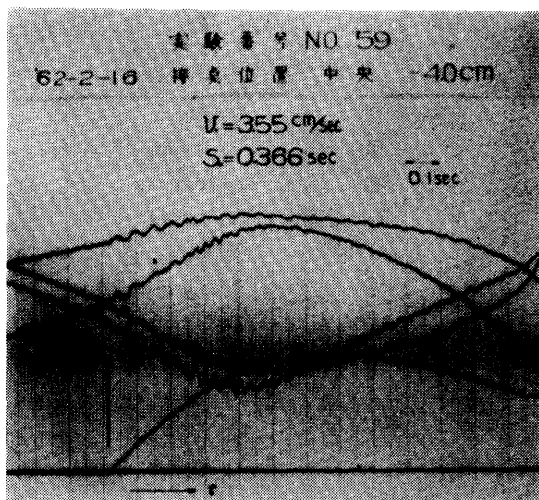
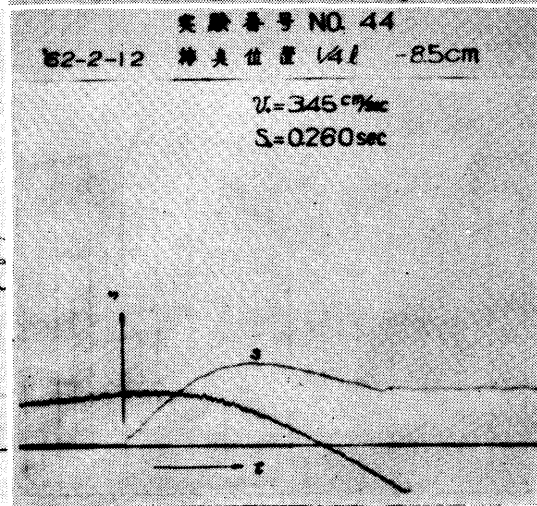
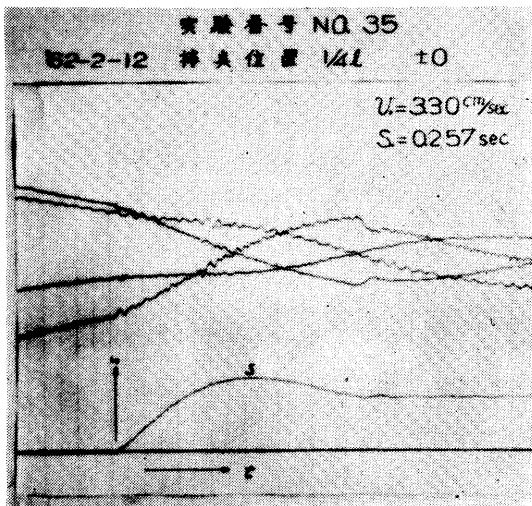
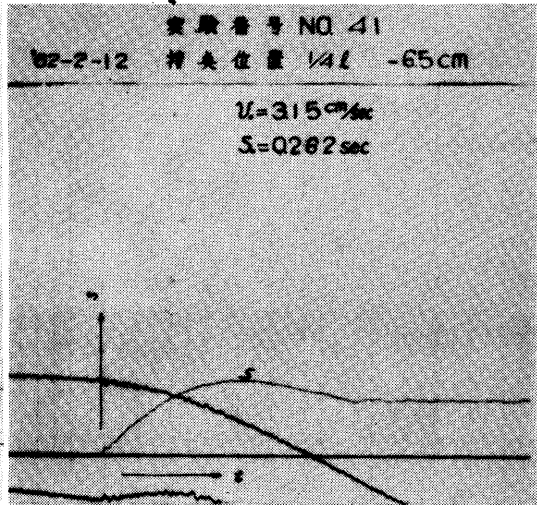
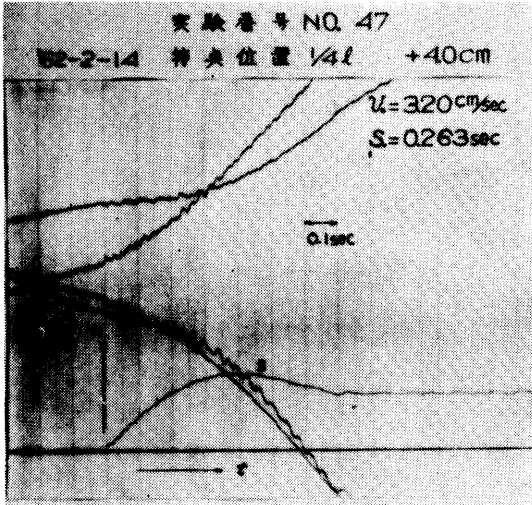
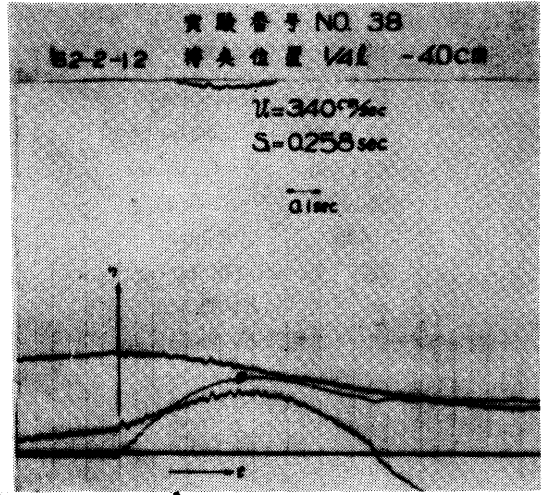


図 5

変位-時間記録

A ₁ 型	船長	$l=200\text{cm}$
	船巾	40cm
	吃水	$h=17.43\text{cm}$
	重心位置	-1.66cm
	\overline{GM}	0.59cm
	質量	$m=142.3\text{gr}\cdot\text{sec}^2/\text{cm}$
	水深	$H=23.5\text{cm}$
	ループバネ常数	$K=1695\text{gr}/\text{cm}$



図