

養 殖 施 設 に 関 す る 研 究

I. 波浪中での養殖施設の運動と係留ロープの張力について

宗景志浩・中西英夫・中田善朗・三田秀幸

(農学部水産土木学研究室)

Studies on Moored Floating Facilities for Fish Culture

I. The Motions of the Facilities for Fish Culture in Waves and the Tension Forces on its Mooring Lines

Yukihiro MUNEKAGE, Hideo NAKANISHI,

Yoshiaki NAKADA and Hideyuki SANDA

Laboratory of Fisheries Engineering, Faculty of Agriculture

Abstract: Because of pollution of near-coastal waters and frequent occurrence of red tides, fish culturing in Kochi Prefecture in the inlets has become impossible and now being carried on outside of the inlets where the waves are relatively high. This depends on having a suitable design, adapted from the experience of the fishing method called fixed nets "Teichi-ami", that is not easily destroyed.

In this report, the characteristics of the motion of the facilities of fish culture in waves and the tension forces on the mooring lines were studied using models. The following results were obtained.

- (1) The facilities of the fish culture must be set parallel with the direction of the wave travel.
- (2) The mooring-line-float ("Daifushi") should be as small as possible. A small mooring-line-float can absorb part of the tension on the mooring line.
- (3) Increasing the steepness of the wave causes only slight increases in the tension force.

緒 言

長年の魚貝類の過密な養殖の結果、内湾は残餌、排泄物など有機物の溶出と底土への堆積により、水質および底質の悪化が急激に進行している。高知県内の内湾は毎年のように赤潮と魚病が発生し、すでに養殖を放棄した海面もみられる¹⁾。また、比較的汚染の少ない場所を求めて一時的に施設の移動が行なわれたり、湾外での周年的な養殖も行なわれるようになった。しかし、湾外は台風・波浪・潮流・風力などの自然の外力の影響も大きく、施設の設置とその後の維持について十分な配慮が要求される²⁾。

本報告では、高知県などで広く行なわれているロープ式の養殖施設の基本的な模型を使って、波浪中での施設の運動から施設の各部の力学的な特徴を調べ、主として係留ロープに働く張力についてとりまとめた。

実 験 方 法

1. 養殖施設の構造

ロープ式養殖施設は、Fig. 1 に示す構造をしており、生簀を支持している側浮子、台浮子および、それらを結合する係留ロープからなる。Fig. 1. は生簀に化繊網を用いた場合であり Fig. 2.

は金網を使用した場合の設置図を示した。金網生簀の場合は生簀の水中重量を調整するために、金網浮子を取りつけられ、化繊網生簀の場合は生簀の広がりをもたせるために、底部に沈子を取りつけられている。

実験には 1/30 縮尺の模型を使用した。水深 90 cm, 係留ロープの長さ 180 cm (張力計の取り付け台の高さを考慮すれば 203 cm), 台浮子間距離 $a \approx 130$ cm (金網生簀), 100~156 cm (化繊一連網) である。

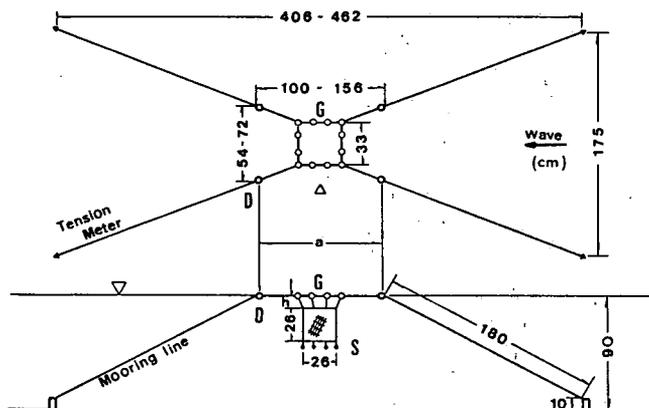


Fig. 1. Schematic diagram showing the facilities for fish culture assembled in the water. The fish culturing cage ("Ikesu") is made of tetoron net. Some weights are put on the bottom of the net to shape the fish culturing cage.

Notes: D =mooring-line-floats ("Daifushi")
 G =supporting-floats ("gawafushi")
 a =the length between front and rear mooring-line-floats
 S =Sinkers.

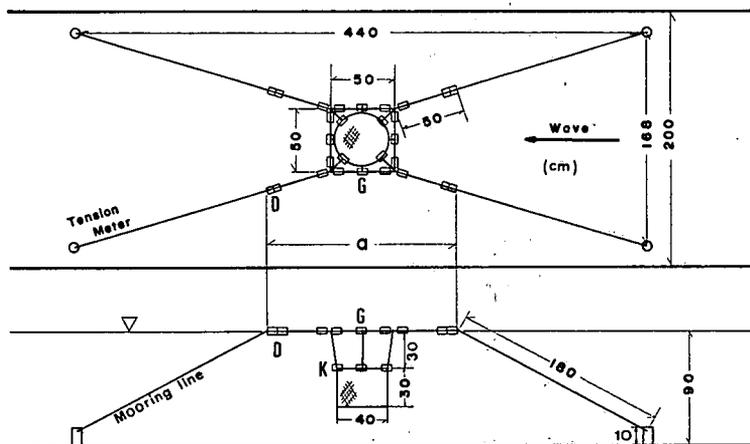


Fig. 2. Schematic diagram showing the facilities for fish culture assembled in the water. The fish culturing cage is made of iron net. D , a and G are the same as in Fig. 1, but the lower-supporting-floats K "Kanaami-fushi" are to help support the heavy iron net.

2, 実験装置

実験はフラッター型造波装置をもつ長さ 20 m, 幅 2.0 m, 深さ 1.5 m の片面ガラス張り造波水槽を使用して行なった。模型波は波長 $L=50\sim 700$ cm, 波高 $H=1.0\sim 30.0$ cm, Steepness $H/L=0.011\sim 0.110$ の範囲の波を用いた。

係留ロープの下端部には, リン青銅板にストレンゲージを貼り付けて作った小型の張力計を取り付け, 動歪計を通して波高と同時にペンレコーダーに記録させた。

3, 実験内容

実験は, Table 1~2 に示すように化繊網生簀, 金網生簀の 2 つの場合に分けて行なった。それぞれについて, 台浮子, 側浮子・生簀部分の水中重量, 台浮子間距離などを変化させた。

Table 1. Details of model experiments using tetoron nets for fish culturing cage

	D	W	G	a	h	WB	WB/D
Ex- 1	36	34.8	120	100	8	75.3	2.0915
2	36	75.6	120	100	8	34.5	0.9583
3	116	75.6	120	100	8	34.5	0.2974
4	116	34.8	120	100	8	75.3	0.6491
5	152	34.8	120	100	8	75.3	0.4954
6	152	75.6	120	100	8	34.5	0.2270
7	280	75.6	120	100	8	34.5	0.1232
8	280	75.6	120	100	8	34.5	0.1232
9	280	75.6	120	100	12	34.5	0.1232
10	280	34.8	120	100	12	75.3	0.2689
11	280	108.0	120	100	12	2.1	0.0075
12	280	108.0	120	100	15	2.1	0.0075
13	280	108.0	120	100	32	2.1	0.0075
14	280	108.0	240	100	8	122.1	0.4361
15	280	75.6	240	100	8	154.5	0.5518
16	280	34.8	240	100	8	195.3	0.6975
17	152	34.8	240	100	8	195.3	1.2849
18	152	75.6	240	100	8	154.5	1.0164
19	152	108.0	240	100	8	122.1	0.8033
20	116	108.0	240	100	8	122.1	1.0526
21	116	75.6	240	100	8	154.5	1.3319
22	116	34.8	240	100	8	195.3	1.6838
23	152	75.6	120	156	9	34.5	0.2270
24	152	34.8	120	156	9	75.3	0.4954
25	152	108.0	120	156	9	2.1	0.0138
26	280	108.0	120	156	9	2.1	0.0075
27	280	75.6	120	156	9	34.5	0.1232
28	280	34.8	120	156	9	75.3	0.2689
29	116	34.8	120	156	9	75.3	0.6491
30	116	75.6	120	156	9	34.5	0.2974
31	116	108.0	120	156	9	2.1	0.0181
32	36	108.0	120	156	9	2.1	0.0583
33	36	75.6	120	156	9	34.5	0.9583
34	36	34.8	120	156	9	75.3	2.0917

Notes: D=Total buoyancy of "Daifushi";

G=Total buoyancy of "Gawafushi";

a=The distance between front and rear mooring-line-floats;

h=The depth of fish culturing cage;

w=Weight in water of the sinkers;

WB=G-(w+weight of cage in water).

Table 2. Details of model experiments using iron net for fish culturing cage

	D	G	K	WB	WB/D
Ex- 1	96 ^g	640 ^g	640 ^g	82.5 ^g	0.859
2	96	640	448	34.5	0.359
3	96	640	384	18.5	0.193
4	32	896	640	146.6	4.580
5	32	640	384	18.5	0.578
6	32	896	512	114.6	3.580
7	160	896	640	146.6	0.916
8	160	896	512	114.6	0.716
9	160	896	384	82.6	0.516
10	160	512	512	18.6	0.116
11	160	512	640	50.6	0.316

Notes: D=Total buoyancy of "Daifushi";
 G=Total buoyancy of "Gawafushi";
 K=Total buoyancy of "Kanaamifushi";
 a=The distance between front and rear mooring-line-floats (130 cm);
 WB=G+K-weight of cage in water.

解析の方法

ロープ式養殖施設の係留ロープに働く張力は、波浪中でも施設の運動がないと仮定すれば、つまり施設の側浮子および生簀部分の浮力に比較して台浮子がきわめて大きい場合、係留ロープに働く張力は Morison 公式から求める計算値とかなりよくあってくる⁴⁾。

しかしながら、ロープ式養殖施設は台浮子と生簀部分が一体となった運動をするのではなく、特定の波の中では台浮子は張力緩和装置の役目をするので、係留ロープの張力は容易に推定できない。

ロープ式の養殖施設の台浮子および側浮子・生簀部分は、波の進行に伴って容易に上下に運動するが、台浮子と側浮子部分の浮力、台浮子間距離と波長または波高の比の値の違いにより異なる運動をしている。例えば、Fig. 3 の(a)に示すように波長が台浮子間距離よりも充分大きい場合、同時に前後の台浮子は上方に持ち上げられるので、波長が台浮子間距離よりも小さい(b)の場合よりもはるかに大きな張力が生じる。しかしこの様な場合でも、側浮子・生簀部分の浮力に比べ台浮子の浮力が小さければ、台浮子は容易に水中に沈み、係留ロープの張力は緩和される。

このように係留ロープに作用する張力に対して、台浮子および側浮子・生簀部分の浮力の影響が大きいので、これら各部の浮力と浮子の位置を変化させた実験を行ない、それぞれ各部の定性的な特徴について検討した。

波浪中で実際に記録される張力を F_w 、全波力によって係留ロープに生じる張力を F とすると、

$$F = F_w - F_{pre} \dots \dots \dots (1)$$

ここで F_{pre} は施設を係留した場合、静水状態での係留ロープに働く張力である。

そこで波によって係留ロープに生じる張力 F に関係する物理量に対して次式が考えられる。

$$f(F, h, H, L, \mu, \rho, g, V_D, V_G, a) = 0 \dots \dots \dots (2)$$

ここに F = 係留ロープに働く張力、 h = 水深、 H = 波高、 L = 波長、 μ = 水の粘性係数、 ρ = 流体密度、 g = 重力加速度、 V_D = 台浮子体積、 V_G = 側浮子体積、 a = 前後部台浮子間距離である。

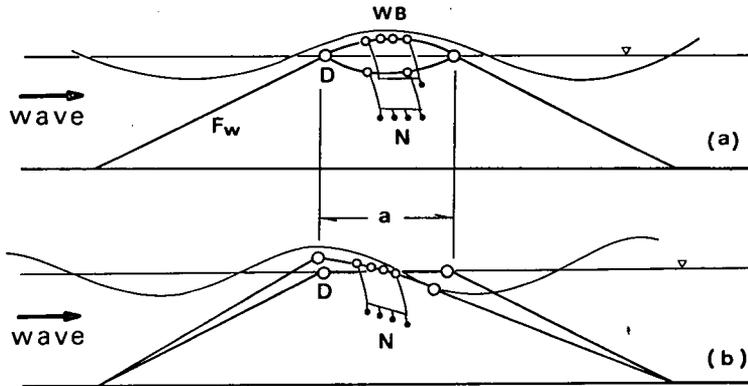


Fig. 3. The motions of the facilities for fish culture in waves.

- (a) shows that when the distance between the front and rear mooring-line-floats is less than 1/2 of the wave length — a condition which results completely covering the facilities by each wave — and the mooring-line-floats are easily submerged then the mooring-line-floats act as tension absorbers. The mooring-line-floats should be as small as possible in comparison WB while maintaining floats.
- (b) shows that a large tension force does not occur on the mooring line when the distance between front and rear mooring-line-floats is long enough greater than 1/2 the wave length.

(2)式より適当な基本量を選んで次元解析を行ない、実験結果を整理した。

$$F/\rho g V_{\sigma} = f(H/L, a/L, \rho g V_{\sigma} / \rho g V_D) \dots\dots\dots (3)$$

側浮子・生簀部分は一体として運動すると考え、側浮子・生簀部分の浮力 WB (=側浮子浮力 - 網部分水中重量) を $\rho g V_{\sigma}$ と置きかえ、さらに $D = \rho g V_D$ (台浮子浮力) として、前後部の係留ロープに働く張力を $F_{1,2}$ とすれば

$$F_{1,2}/WB = f(H/L, a/L, WB/D) \dots\dots\dots (4)$$

粘性の影響を無視し、台浮子、網部分の運動に着目して、(4)式によって実験データを整理した。

結果と考察

施設の前後部係留ロープの無次元張力 F/WB に対し、Steepness の一定な範囲ごとに整理し、ここでは $0.02 < H/L < 0.08$ のものを Fig. 4~Fig. 5 に示した。

実験を進めるにあたって、4ヶ所の台浮子の沈み具合を同一にし、静水状態で4本の係留ロープにかかる張力をすべて同一に保つことはきわめて困難であるから、結果の整理の段階でバラツキが認められる。しかし、金網生簀および化繊網生簀の場合の両者とも、無次元張力 F_1/WB に対して $a/L, WB/D$ の影響は同じ傾向を示した。

Fig. 4 は化繊網生簀の場合について整理したものであるが、 a/L の値の増大に伴って無次元張力は急激に減少する。つまりこのことは、波長に比較して台浮子間距離をなるべく大きくする方が張力の減少に効果的であることを示している。同時に台風のような波長の大きい波が到来する場合、張力は指数関数的に増大する。さらにこのことは波の進行方向と平行に施設を設置しなければならないことを示している。

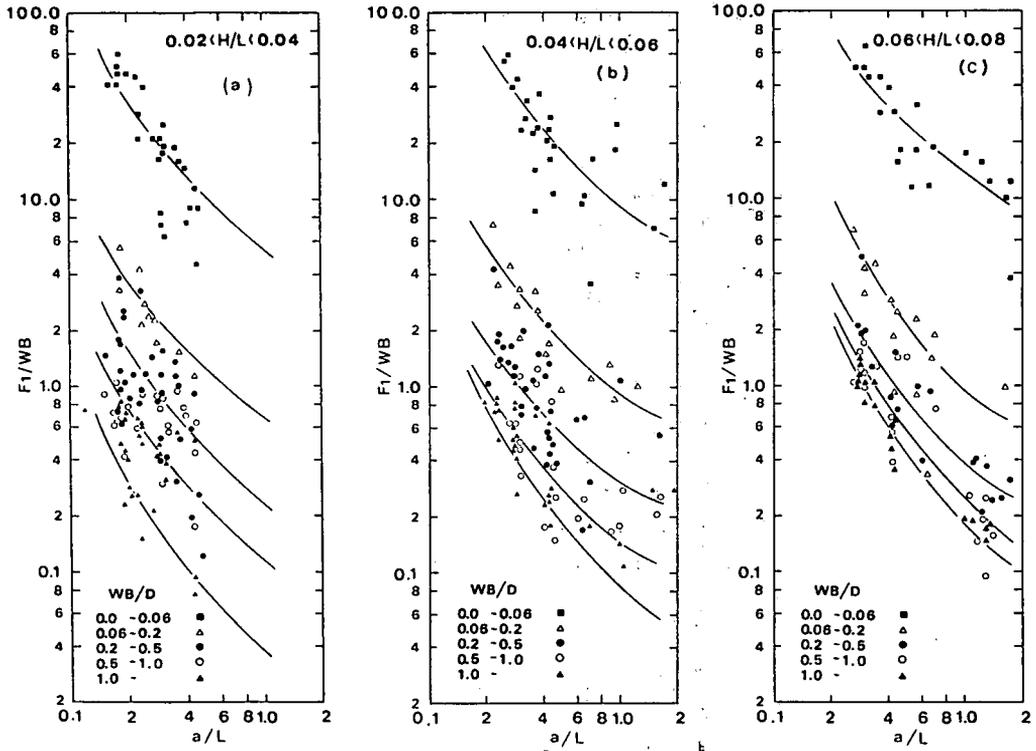


Fig. 4. Relative tension force from waves acting on the mooring lines of the facilities for fish culture using tetoron nets.

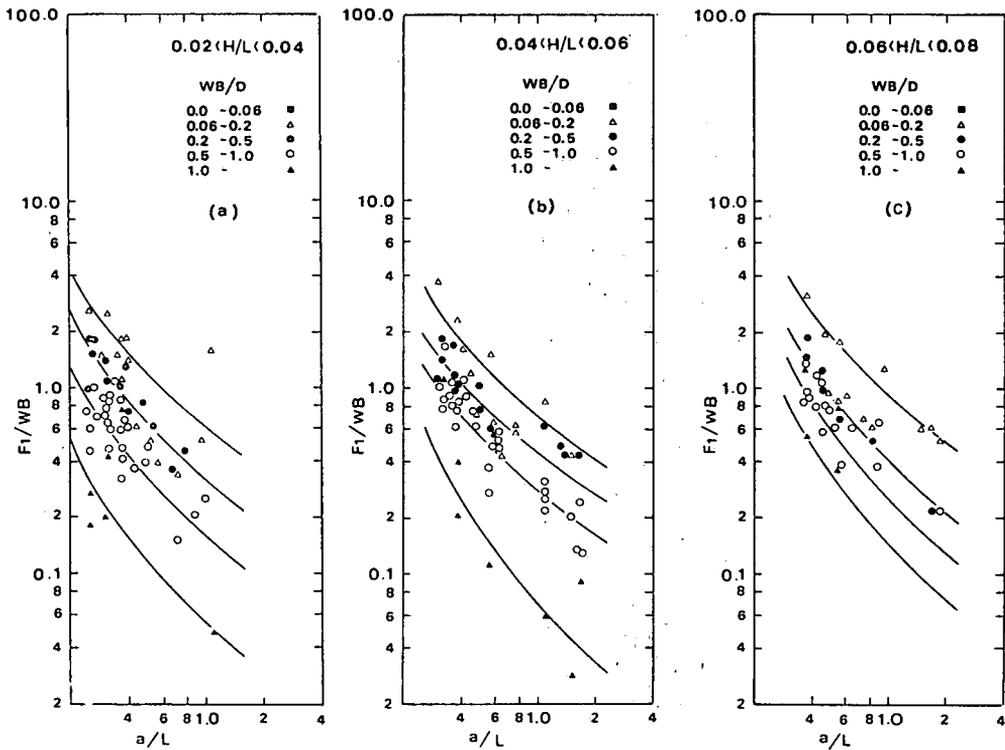


Fig. 5. Relative tension force from waves acting on the mooring lines of the facilities for fish culture using iron nets.

つぎにパラメーターである WB/D の影響について検討する。同じく Fig. 4 を参照すると WB/D の値が増大するに従って張力は減少してくる。これは側浮子・生簀部分の適当な支持状態が設計された場合、この部分の浮力に比較して台浮子の浮力を可能な限り小さくすれば、ロープに働く張力を軽減することができる。しかし、潮流、風などの影響で台浮子が常に水中に没しているようでは台浮子の張力緩和装置としての役目は果さず、波の進入によって台浮子が容易に水中に沈むことが必要である。

さらに Fig. 4 の(a)~(c)をみると、波の Steepness の増大に伴って無次元張力はやや増加する傾向にあることが分る。

金網生簀の場合は Fig. 5 の(a)~(c)にその結果を整理して示した。化繊網生簀の場合と同じく、係留ロープに関する無次元張力は a/L と WB/D の値の増大に伴って減少する。Steepness についても化繊網の場合とほぼ同様な結果が得られた。

結 論

ロープ式養殖施設の前後部の係留ロープに働く張力について、化繊網生簀および金網生簀の両者とも(4)式に従って整理し、次の結果を得た。

1) 波長 L に対して台浮子間距離 a が大きい場合、無次元張力は小さくなる。このことは施設を波の進行方向と平行に長くなるように設置する必要があることを示している。

2) WB/D の値が大きい程張力は小さくなる。生簀部分の適当な支持状態を作った場合、台浮子の浮力をなるべく小さくして台浮子が容易に水中に沈むことができれば、台浮子は一種の張力緩和装置としての働きをする。

3) 波の Steepness の増大に伴い、前後部の係留ロープの無次元張力はやや増大する。

参 考 文 献

- 1) 畑 幸彦・片山九五, 浅海養殖場の自家汚染による老化に関する研究-I, 高知大水産実験所研報, No. 3, 31-51 (1978).
- 2) 沿岸漁場整備開発事業構造物設計指針編集委員会(編), 沿岸漁場整備開発事業構造物設計指針(昭和53年度版), 108-143, 日本水産資源保護協会, 東京(1978).
- 3) 石原藤次郎・本間仁(編), 応用水理学-下I, 1-15, 丸善, 東京(1971).
- 4) 宗景志浩, 波浪中での養殖施設の運動と係留ロープの張力に関する力学的研究, 文部省特定研究「四国南岸海域における海洋生物資源の開発に関する研究」報告書, 53-58 (1979).

(昭和54年9月29日 受理)

(昭和55年3月28日 発行)

