

烏石鼻急流魚場15K型雙落網試驗

陳中和·陳忠·廖學耕

Mechanical Studies on The Set Net Used in Taiwan — I Experimentation on The Drag Action on a Trap Net in a Rapid Current

CHEN Chung-Ho Chen Jong Liao Shyue-Geng

Taiwan island is surrounded by seas where a strong warm current, the Kuroshio, flows from south to north. Thus large numbers of warm fishes in euphotic and mesopelagic zone migrate through the inshore or along the coast of Taiwan. The users of trap net therefore cast different scales of the net in succession to catch those migratory fishes along the east coast.

Basing on the hydrodynamics, the writer designed a set of full scale -15K - double trap net set in the rapids area, Hu-Su-Bi Bay, for this experiment to calculate the gravity and resistance on the trap net at different current velocity. Then we can decide the distribution of the sand bage according to the above information.

The followings are the conclusion of this experiment :

1. The fishing efficiency of trap net depends on the resources, net type and the substrate of fishing ground.
2. The shape of trap net depends on the Renold number (Re) and Froude number (F); i.e. the shape of trap net $\propto F^2/Re$.
3. We define $\alpha = F^2/Re \times C$, C : constant

| | |
|-----------------------|------------------------------|
| $\alpha > 1.64$ | no fish enters the trap net |
| $1.64 > \alpha > 1.0$ | bad fishing efficiency |
| $1.0 > \alpha > 0.73$ | good fishing efficiency |
| $0.73 > \alpha$ | excellent fishing efficiency |

前 言

台灣東部為黑潮主流經過之區域，流速湍急，島嶼稀少未如菲律賓東岸及巴丹群島海域。東部沿岸漁況之好壞，除與黑潮之離岸距離有關外，沿岸之仔稚魚滯留與否，亦影響沿岸漁獲甚大。然而定置網之施設，恰似提供一種沿岸性之人工浮礁，沿岸之動物性，植物性浮游生物或多或少均會附着於定置網片或內外桁索上（尤其網片未使用防藻劑之定置網），沿岸之仔稚魚亦棲息於定置網附近，如此則易吸引黑潮流域之大型魚類往沿岸索餌，進而增進其在沿岸滯留之時間，提高其被沿岸漁民捕獲之機率。

另一方面，定置網具有節省能源，漁獲新鮮，及可充分利用漁村老年勞力等好處，故極適合台灣東部海域推廣。但東部海域中流速平緩之良好灣流漁場均為漁民申請經營，欲再增加定置網之組數，則必須擴大經營急流漁場之定置網。本文係本分所奉命台東縣烏石鼻外海急流漁場從事 15 K 雙落網全規模 (Full scale) 之捕魚試驗，其目的在探求急流漁場中，依定置網之可行性，急流漁場中所選用材料之得失，定置網周圍碇石之重量分佈及其穩定性，及各種流速下，研究落網變形之情形，以供將來漁民於急流漁場中經營定置網之參考。

材料與方法

一、漁場之水深、流向流速及底質構造調查

漁場之水深係使用海農調查船，以烏石鼻端作標點，並使用雷達測標點之距離及方位後，在海圖上求出定位點，由魚探機測量定位點之水深，再由各定位之時間，依潮差表修正至平均低潮位時之水深，並將各點之深度繪成等深線圖，如附圖(1)。

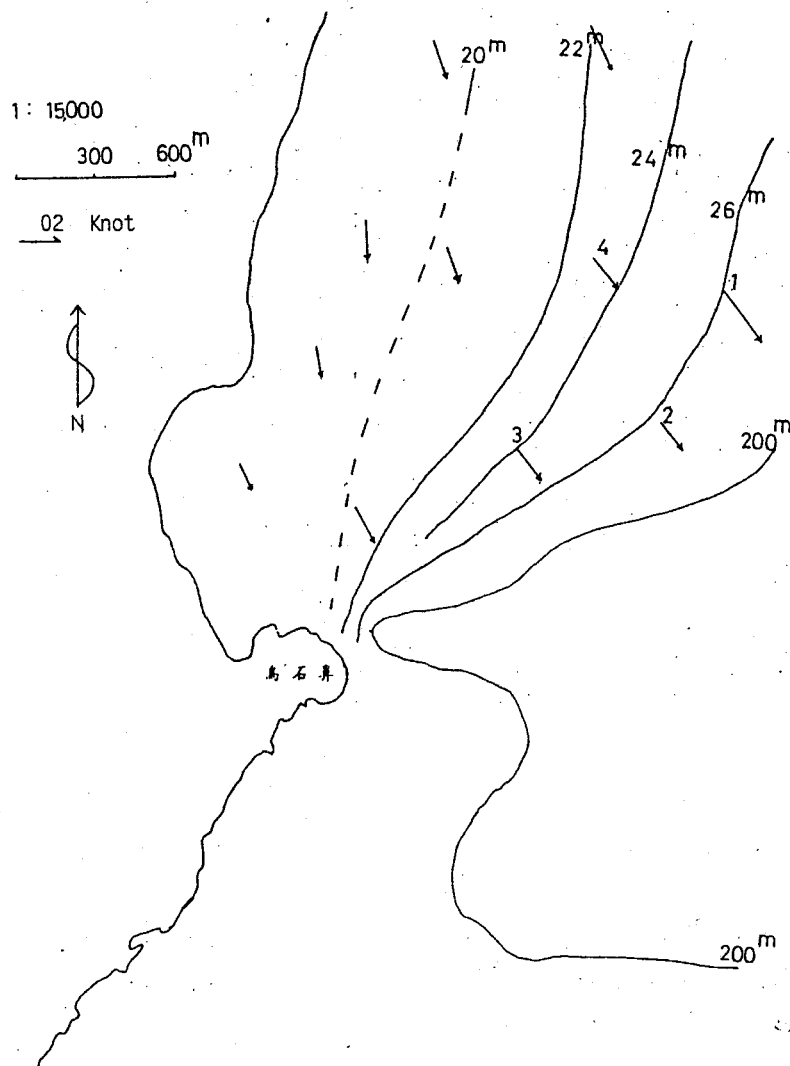


圖 1 十月上旬烏石鼻近岸流向流速及深度圖

Fig. 1 Longshore flow field and water depth (soundings in metres)

流向流速之調查係使用 CM-2 型流向流速計，如附圖(2)，於準備作為定置網之前後擋台碇着點 (

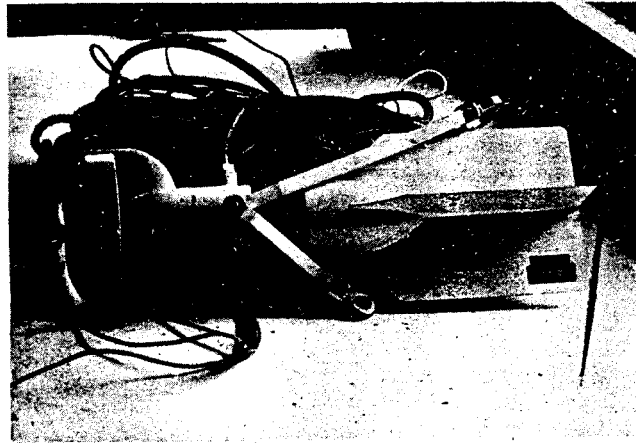


圖 2 Cm-2 流向流速計

Fig. 2 CM-2 Current meter

四點金) 四基點處，測取流向流速。圖(3)係一典型之流速隨深度而變之剖面圖，一般靠近底層時流速較大(於底層上方 5~10 公尺處流速最大)，至底層時流速再漸次變為 0，流向則南流，沿岸反流依序變換。

二、落網材料選擇及落網結構

(一)材料：

落網之外衍索係使用直徑 45mm 之特多龍索，全長 345 公尺 (230 K)。

前擋台及後擋台共四個，每個係使用體積 200 公升之塑膠浮桶(內充保利龍)外包直徑 6 mm 之特多龍繩網，四個塑膠浮桶結合在一起，如附圖(4)，每個擋台之淨浮力約 700 kg。

後台係使用直徑 5" 長 5 公尺之塑膠管(厚度 5 mm) 七支結合而成，其如附圖(5)。

前後擋台之錨碇索係使用直徑 21mm (7 分) PE 繩，錨碇索下直接繫草袋，每個草袋內裝砂包，草袋係用直徑 6mm 之舊延繩釣幹繩編結，每個草袋之重量計約 1 噸，每個擋台下接草袋 20 個。定置網之其他固定索(包括網內、網外)皆使用直徑 18mm 之 PE 繩。

(二)落網網地構造

落網網地配置係決定於水深、海底地形、流向、流速、魚類資源等因素。本試驗網地是由引導網(垣網)(Leader of fence net)、門網(Door)、運動場網(Entrance mouth)、兩組外、內登網(Funnel)及囊網(Bag)所組成。(參閱 6、7 及表 1)

(1)引導網(垣網)：共有六片，每片網長 75 公尺，第一片在門網處，網深 100 目，目大 33 公分，依海底地形需要，從第二片起，每隔 75 公尺網深遞減 7 目，並於各網片上部附加網深 7 目，目大 33 公分之加強邊網(Selvage)。

(2)門網：有二片，配置水中如打開之宅門，引導網伸入其間，每片網長為 21 公尺，網深 (270 - 250 目)，目大 12 公分，各網片上部附加網深 25 目，目大 12 公分之加強邊網。

(3)運動場網(圍網)：由四片圍成，其分別網長為 105 公尺、21 公尺、36 公尺、30 公尺(參閱圖 7、L1, M1, M2, M3) 網深為 275 目、270 目、270 目、270 目，目大 12 公分，並在每片網上附加網深 25 目，目大 12 公分之加強邊網。

(4)兩組外、內登網：登網像樓梯一樣，由底片配上兩邊片而成，共有兩組，一連接運動場網，另一組接於囊網。

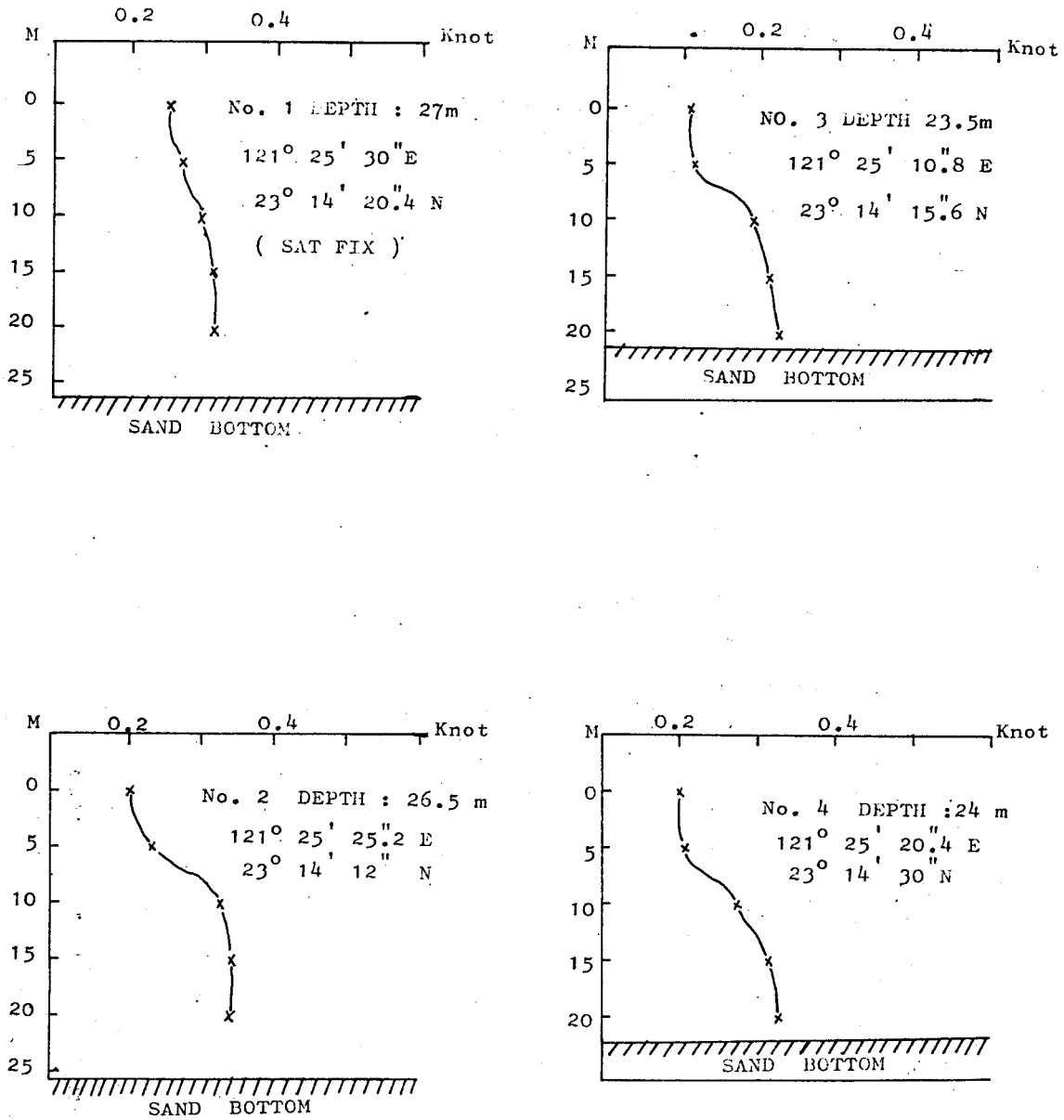


圖 3 烏石鼻沿岸漁場流速分佈剖面圖

Fig. 3: Longshore current velocity profile (Measured by CM-2 current meter)

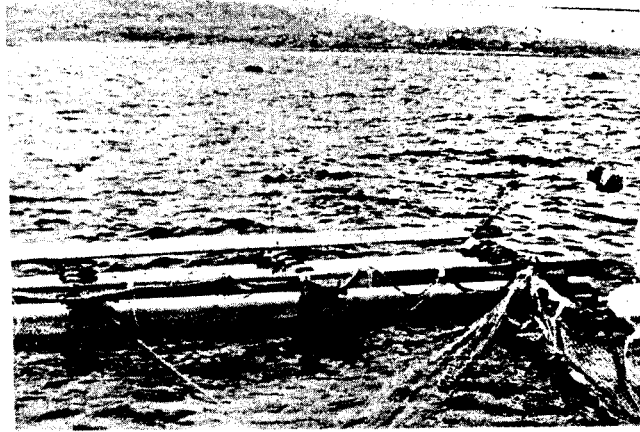


圖 4 後台照片

Fig. 4 aft Buoyancy

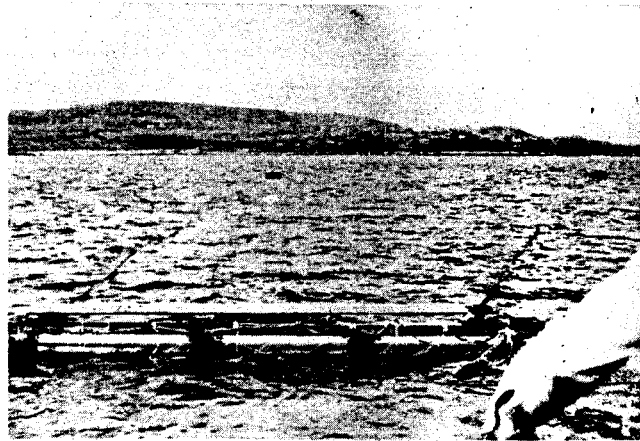


圖 5 後台及後檔台照片

Fig. 5 aft Buoyancy and flood tand

①接運動場之外登網 (Outer Funnel I) : 邊片及底片網皆由兩小片組成, 底片網深為 (458 -- 440 目)、(440 -- 192 目), 目大 12 公分, 網長為 7.5 公尺及 24 公尺。邊片網長為 7.5 公尺及 24 公尺, 網深為 (270 -- 230 目)、(230 -- 165 目)、目大 12 公分, 並於網片上部附加網長 31.5 公尺, 網深 25 目, 目大 12 公分之加強邊網, 外登網連結內登網間有一凹型網, 是作固定登網角度用, 並在其底部連結第二外登網 (Outer Funnel II), 其網片規格為底片網深 60 目, 目大 9 公分, 網長 (42 -- 30 公尺), 兩邊片網深各為 225 目, 目大 9 公分, 網長 13.5 公尺, 並在其上部附加網深 25 目, 目大 9 公分, 網長 13.5 公尺之加強邊網。

②靠運動場之內登網 (Inner Funnel I) : 由底片及兩邊片組成。底片網深為 (250 -- 230 目), 目大 9 公分, 網長 15 公尺。邊片網深 (225 -- 200 目), 目大 9 公分, 網長 15 公尺, 並附加網深 25 目, 目大 9 公分, 網長 15 公尺之加強邊網。

③靠囊網之外登網 (Outer Funnel II) : 外登網底片由三小片組成, 分別網深為 500 目,

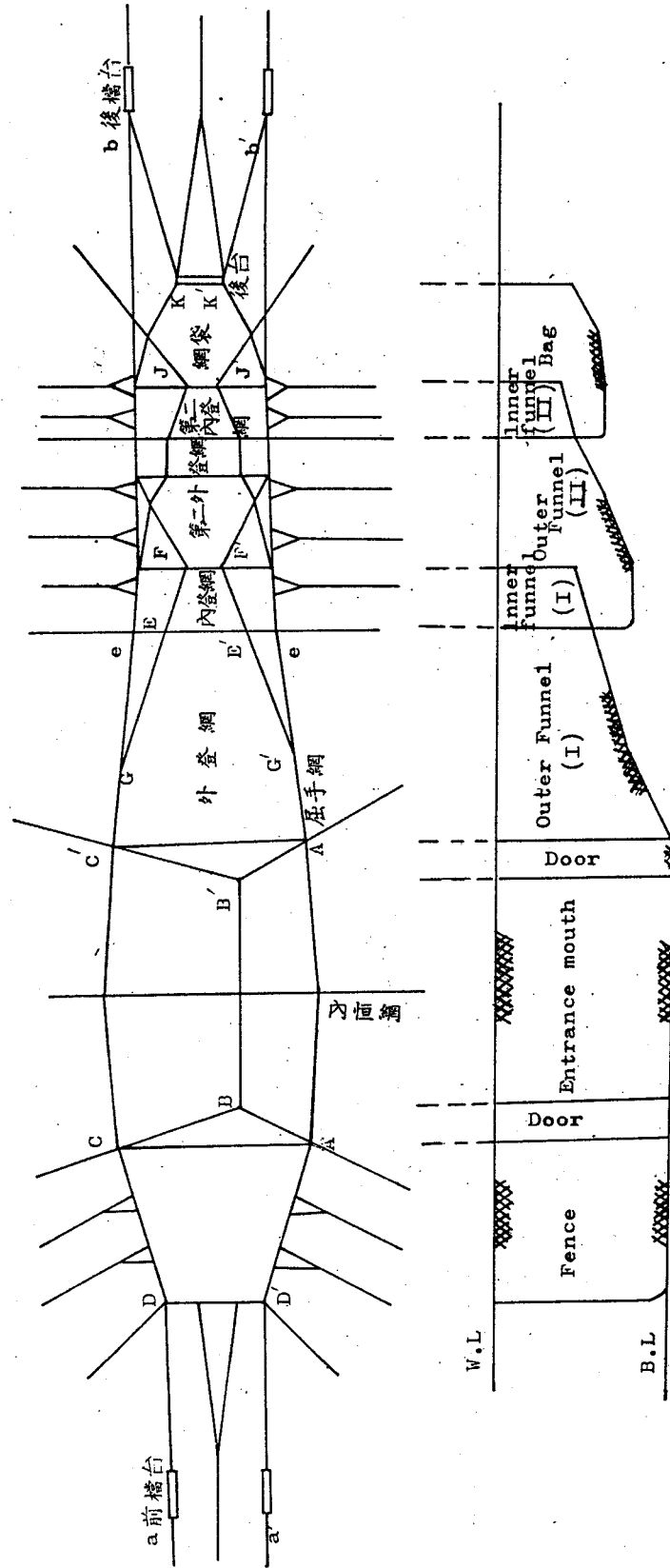


圖 6 15 K 落網結構圖 (1)

Fig. 6 Webbing construction of 15k depth trap net (1).

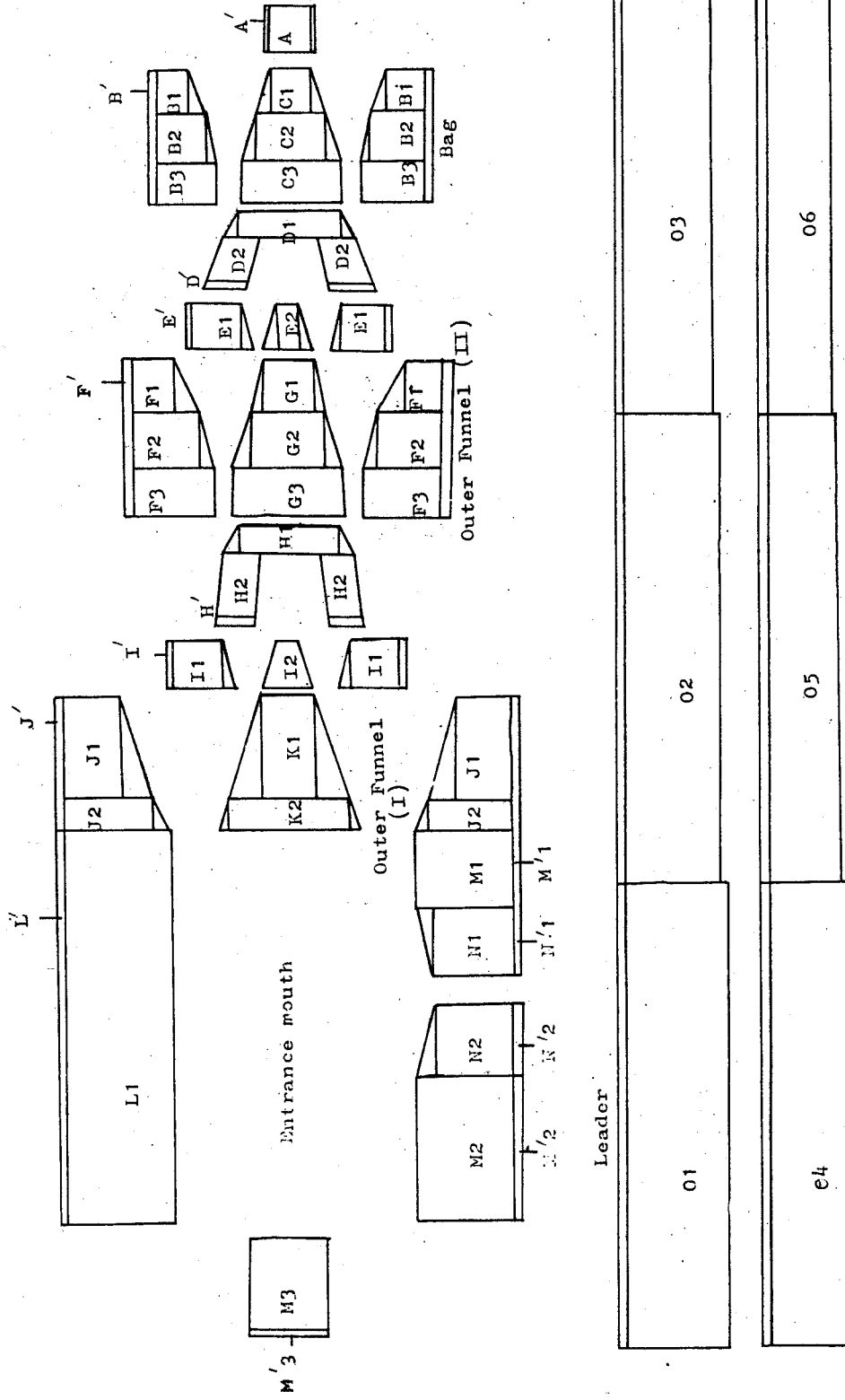


圖 7 15K 落網結構圖 (2)

Fig. 7 Webbing construction of 15k depth trap net (2).

Table 1 :Specification (explanation of fig. 7).

Webbing:

| | A | A' | B1 | B2 | B3 | B' | C1 | C2 | C3 | D1 |
|------------------------|--------------|---------|------------|------------|------|---------|------------|------------|------|----------|
| Name | Bag | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| Name of part | Codend | Selvage | Side | " | " | Selvage | Bottom | " | " | " |
| Material | Tetoron | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| Size(ply/No. of yarns) | 3/30 | 3/54 | 3/30 | 3/36 | 3/36 | 3/54 | 3/30 | 3/36 | 3/36 | 3/36 |
| Type of knot | Irawler kont | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| Mesh size | 4.5cm | 6.0 | 4.5 | 6.0 | 9.0 | 9.0 | 4.5 | 6.0 | 9.0 | 9.0 |
| Depth(NO. of meshes) | 250 | 30 | 210 175 | 175 160 | 175 | 25 | 680 400 | 720 510 | 550 | 70 |
| Length of net | 7.5m | 7.5 | 22.5 | 21 | 18 | 61.5 | 22.5 | 21 | 18 | 36 33 |
| No. of unit | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Tatal length | 7.5m | 15 | 45 | 42 | 36 | 123 | 22.5 | 21 | 18 | 36 33 |

--- continue ---

Webbing:

| | D2 | D1 | E1 | E2 | E' | F1 | F2 | F3 | F' | G1 |
|-----------------------|------|---------|------------------|------------|--------------|-------------------|------------|------|---------|------------|
| Name | " | " | Inner Funnel(II) | " | " | Outer Funnel(III) | " | " | " | " |
| Name of part | " | Selvage | Side | Bottom | Selvage | Side | " | " | Selvage | Bottom |
| Material | " | " | " | " | Tetoron | " | " | " | " | " |
| Size(ply/No of.yarns) | 3/36 | 3/54 | 3/30 | 3/30 | 3/54 | 3/30 | 3/36 | 3/36 | 3/54 | 3/30 |
| Type of knot | " | " | " | " | Trawler knot | " | " | " | " | " |
| Mesh size | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 7.5 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 7.5 |
| Depth(NO. of meshes) | 150 | 25 | 150 100 | 175 100 | 25 | 220 175 | 210 190 | 225 | 25 | 335 200 |
| Length of net | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 25.5 | 22.5 | 22.5 | 70.5 | 25.5 |
| No. of unit | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Total length | 24 | 24 | 24 | 12 | 24 | 51 | 45 | 45 | 141 | 25.5 |

Webbing:

| | G2 | G3 | H1 | H2 | H' | I1 | I2 | I' | J1 | J2 |
|-----------------------|------------|------|----------|------|---------|------------------------|------------|---------|------------------------|------------|
| Name | " | " | " | " | " | Inner F- -unnel (I) | " | " | Outer F- -unnel (I) | " |
| Name of part | " | " | " | " | Selvage | Side | Bottom | Selvage | Side | " |
| Material | " | " | " | " | " | " | " | " | Tetoron | " |
| Size(ply/No of yarns) | 3/36 | 3/36 | 3/36 | 3/36 | 3/54 | 3/30 | 3/30 | 3/54 | 3/30 | 3/30 |
| Type of knot | " | " | " | " | " | " | " | " | Trawler knot | " |
| Mesh size | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 12cm | 12 |
| Depth(NO. of meshes) | 390 290 | 500 | 60 | 225 | 25 | 225 200 | 250 230 | 25 | 230 165 | 270 230 |
| Length of net | 22.5 | 22.5 | 42 30 | 13.5 | 13.5 | 15 | 15 | 15 | 24m | 7.5 |
| No. of unit | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Total length | 22.5 | 22.5 | 42 30 | 27 | 27 | 30 | 15 | 30 | 48m | 15 |

--- continue ---

Webbing:

| | J' | K1 | K2 | L1 | L' | M1 | M'1 | M2 | M'2 | M3 | M'3 |
|-----------------------|---------|------------|------------|-------------|---------|-------|---------|------|---------|------|---------|
| Name | " | " | " | Right Fence | " | Fence | " | " | " | " | " |
| Name of part | Selvage | Bottom | " | " | Selvage | " | Selvage | " | Selvage | " | Selvage |
| Material | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| Size(ply/No of yarns) | 3/54 | 3/30 | 3/30 | 3/42 | 3/54 | 3/42 | 3/54 | 3/42 | 3/54 | 3/42 | 3/54 |
| Type of knot | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| Mesh size | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Depth(No. of meshes) | 25 | 440 192 | 458 440 | 275 | 25 | 270 | 25 | 270 | 25 | 270 | 25 |
| Length of net | 31.5 | 24 | 7.5 | 105 | 105 | 21 | 21 | 36 | 36 | 30 | 30 |
| No. of unit | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Total length | 63 | 24 | 7.5 | 105 | 105 | 21 | 21 | 36 | 36 | 30 | 30 |

-- continue --

Webbing:

| | N1 | N'1 | N2 | N'2 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 0' |
|-----------------------|------------|---------------|------------|---------|---------|---------|---------|------|------|------|---------|
| Name | " | Door | " | " | Leader | " | " | " | " | " | " |
| Name of part | | Selvage | " | selvage | | | | | | | Selvage |
| Material | " | Tetoron | " | " | Nylon | " | Tetoron | " | " | " | " |
| Size(ply/No of yarns) | 3/42 | 3/54 | 3/42 | 3/54 | 2100/48 | 2100/48 | 3/48 | 3/48 | 3/48 | 3/48 | 3/54 |
| Type of knot | " | Trawler knot. | " | " | " | " | " | " | " | " | " |
| Mesh size | 12 | 12cm | 12 | 12 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| Depth(No. of meshes) | 270 250 | 25 | 270 250 | 25 | 100 | 93 | 86 | 79 | 72 | 65 | 7 |
| Length of net | 21 | 21m | 21 | 21 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 450 |
| No. of unit | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Total length | 21 | 21m | 21 | 21 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 450 |

390 - 290 目，335 - 200 目，目大 9 公分，9 公分，7.5 公分。網長為 22.5 公尺，22.5 公尺，25.5 公尺。邊片有兩片，每片由三小片組成，其網深分別為 225 目、210 - 190 目、220 - 175 目，目大為 9 公分、9 公分、7.5 公分，網長依次為 22.5 公尺、22.5 公尺、25.5 公尺，並附加網深 25 目，目大 9 公分，網長 70.5 公尺之加強邊網。外登網連結內登網間有一凹型網固定登網角度並連結囊網，其網片規格如下：底片網深 70 目，目大 9 公分，網長 36 - 33 公尺，兩邊片各為網深 150 目，目大 9 公分，網長 12 公尺，並附加網深 25 目、目大 9 公分、網長 12 公尺之加強邊網。

④接囊網之內登網 (Inner Funnel II)：由底片及兩邊片組成。底片網深 175 - 100 目，目大 9 公分，網長 12 公尺，邊片網深 150 - 100 目，目大 9 公分，網長 12 公尺，並附結網長 12 公尺，網深 25 目，目大 9 公分之加強邊網。

(5)囊網 (Bag)：包括主要囊網及輔助囊網。

①主要囊網：由一底片及兩邊片組成。底片包括三小網，其網片規格為網長 18 公尺、21 公尺、22.5 公尺，網深 550 目 (720 - 510 目)，(680 - 400 目)，目大為 9 公分，6 公分，4.5 公分。邊片亦包含三小片，其網長為 18 公尺、21 公尺、22.5 公尺，網深 175 目 (175 - 160 目)，(210 - 175 目)，目大為 9 公分，6 公分，4.5 公分，並附加網長 61.5 公尺，網深 25 目，目大 9 公分之加強邊網。

②輔助囊網：是撈取漁獲之網片，為單片網，網長 7.5 公尺，網深 250 目，目大 4.5 公分，並附加網長 7.5 公尺，網深 30 目，目大 6 公分之防魚逃逸網。

(三)外衍索—網片，浮球—網片，草袋—碇着索之結附形式：

本落網運動場，第一箱網未使用內衍索，運動場箱網之浮子網係使用直徑 2 公分之 PE 繩 (俗稱豬脚部)，每隔 75 公分一條直接結附於外衍索上，如圖 (8)，內垣網端邊，和碇着索 (Anchor rope) 之結

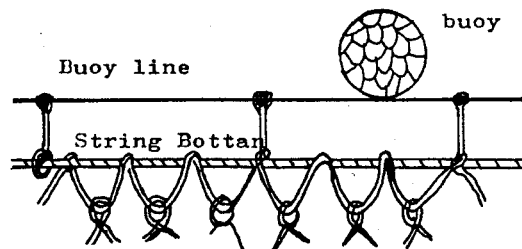


圖 8 網片和外衍索

Fig. 8 Buoy line and net

附形式，如圖 (9)，內垣網二旁之碇着配置如圖 (10)，草袋和碇着索之結附形式，如圖 (11)。圖 (12) 係本落網沉子配置圖，每粒重 150 公克 (4 台兩)。

三、落網之靜力分析

(一)無風無流之情形，外衍索之碇着索之應力估計：

在無風無流之情況下，外衍索接近鬆弛之情形，此時其內應力僅為外衍索安放時之起始應力，而此時的應力為最小值，由圖 (13) 知：外衍索碇着索之應力 T 估計為：

$$2T \cdot \sin \theta = \text{前後擋台有效浮力} + \text{後台有效浮力} + \text{各小浮球有效浮力} - \text{網地在水中的重量}$$

若 $\theta = 45^\circ$ ，各浮體設為半沈，其有效浮力為全沉浮力之 $\frac{1}{2}$

$$2T \cdot \sin 45^\circ = 700\text{kg} \times \frac{1}{2} \times 4 + 300\text{kg} + 15\text{kg} \times \frac{1}{2} \times 150 - 2500\text{kg} \times (1.36 - 1)$$

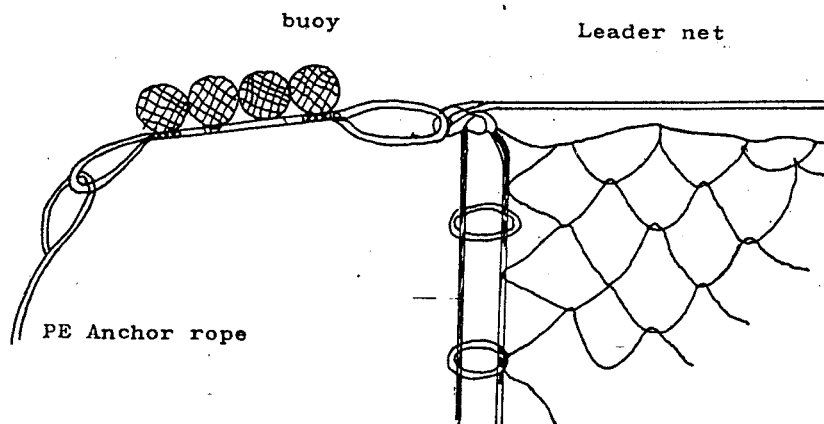


圖 9 碇著索和內垣網連接圖

Fig. 9 Anchor rope and leader net

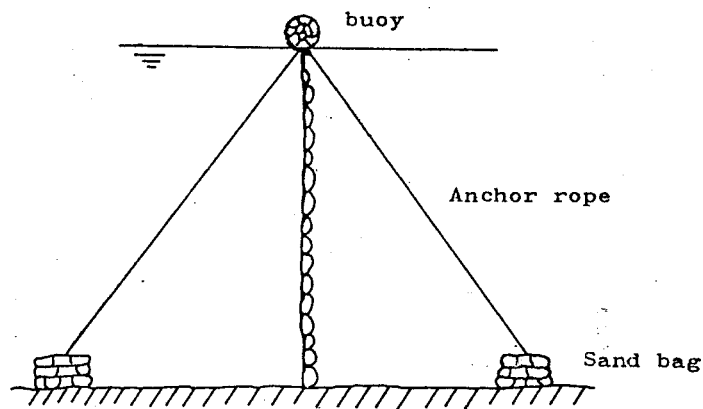


圖 10 內垣網、草袋、碇著索結附圖

Fig. 10 Leader net, Anchor rope and sand bag

$$= 1400 \text{ kg} + 300 \text{ kg} + 1125 \text{ kg} - 2500 \times 0.36 \text{ kg}$$

$$= 1925 \text{ kg}$$

$$2T \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 1925 \text{ kg}$$

$$T = \frac{1925 \text{ kg}}{1.414} = 1360 \text{ kg}$$

（二）流向垂直於外衍索時，外衍索的碇著索之應力估計：

設流速強至整個落網皆沉於水下時，此時外衍索的碇著索之應力達最大，以下是此最大應力之理論估計。

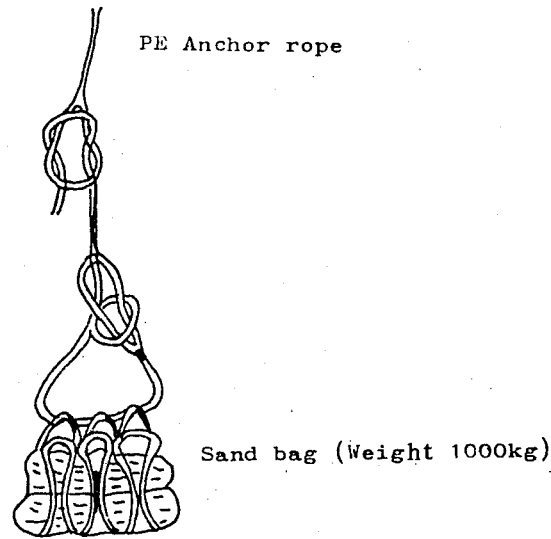


圖 11 草袋、碇著索結附圖
Fig. 11 Sand bag and Anchor rope

以整具落網來看，其在水下之阻力主要由下列三項構成，即(1)網片之阻力，(2)索類之阻力，(3)浮球之阻力。

(1)網片之阻力分析

設單位面積網片之阻力為

$$\gamma_m = C \frac{1}{\cos \phi \sin \phi} \sin \theta \left(\frac{D}{L} \right) V^2$$

$$C = \frac{\rho_w \times C_D}{2}, \text{ 使用 MKS 制時}$$

$$C = \frac{\frac{100\text{kg}}{1\text{m}^3} \times 1}{2} = 500\text{kg}/\text{m}^3$$

其中 ϕ : 縮結角

θ : 網片和流水之夾角

V : 流速

① 屈手網、運動場網之有效截面積，及其對應之阻力估計：

$$\left(D/L = \frac{0.20}{12/2} = 0.033, 54 \text{ 絲部分} \right)$$

$$S' = [106\text{K} + (14\text{K} \times \cos 75^\circ) \times 2] \times \frac{7}{15}\text{K}$$

$$= 52.83\text{K}^2$$

$$= 118.87\text{m}^2$$

$$\left(D/L = \frac{0.18}{12/2} = 0.030, 42 \text{ 絲部分} \right)$$

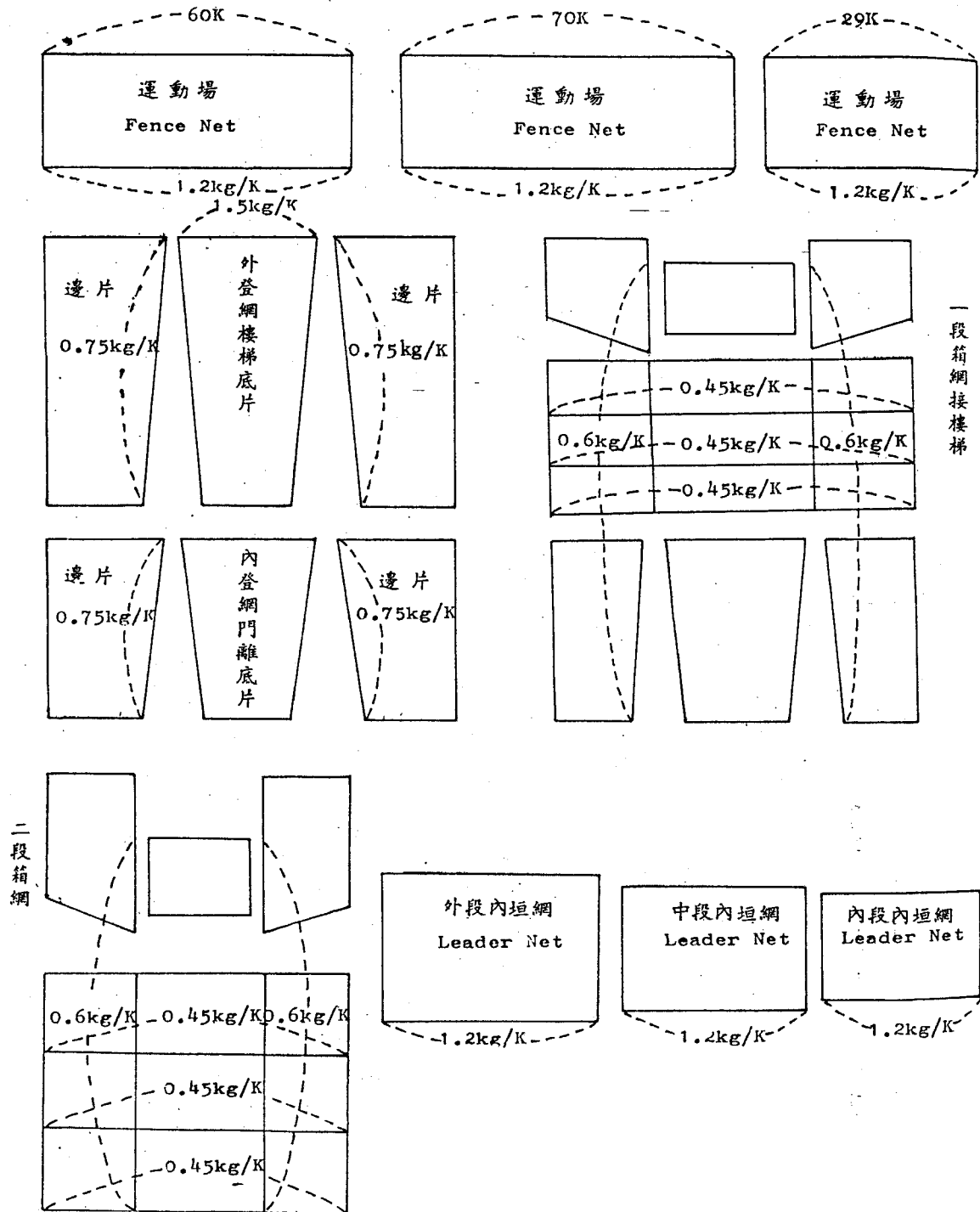


圖 12 15K 落網沈子分佈圖

Fig. 12 Sinker distribution in 15K trap net

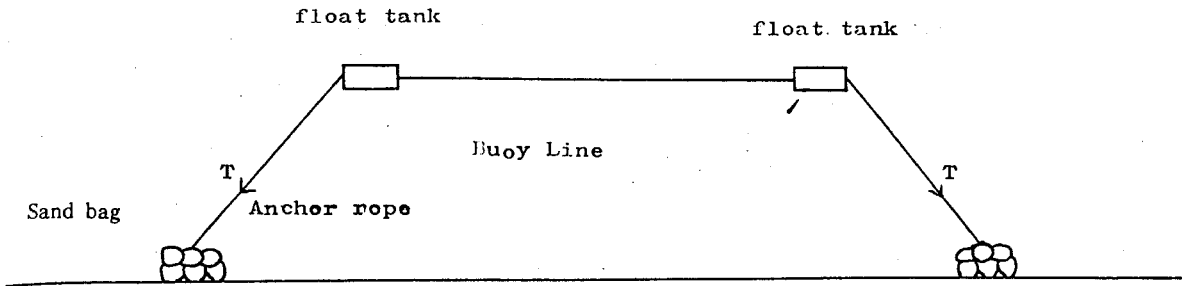


圖 13 無風無流時外桁索碇著索靜力平衡圖

Fig. 13 Configuration of Buoy Line and Anchor rope at zero flow velocity.

$$\begin{aligned} S &= [106K + (14K \times \cos 75^\circ) \times 2] \times 14K \\ &= 1584K^2 \\ &= 3564 m^2 \end{aligned}$$

現 $\theta = 90^\circ$ (水流垂直網片)

$\phi = 45^\circ$ (網目接近正方形)

設最大流速為 1 knot = 0.5 m/sec

S' 部份之阻力為 (使用 M.K.S. 制) $L'_1, N'_1, N'_2, M'_1, M'_2$,

$$\begin{aligned} \gamma' &= 118.87 m^2 \times \frac{C}{\cos 45^\circ \sin 45^\circ} \cdot \sin 90^\circ \cdot (0.033) \cdot (0.5 \text{ m/sec})^2 \\ &= 118.87 m^2 \times 1000 \times 1 \times 0.033 \times 0.25 \text{ N} \\ &= 100.1 \text{ kgf} \end{aligned}$$

S 部分之阻力為 (L_1, N_1, N_2, M_1, M_2)

$$\begin{aligned} \gamma &= 3564 m^2 \times \frac{C}{\cos 45^\circ \sin 45^\circ} \cdot \sin 90^\circ (0.030) \cdot (0.5 \text{ m/sec})^2 \\ &= 3564 m^2 \times 1000 \times 1 \times 0.030 \times 0.25 \text{ N} \\ &= 2727.6 \text{ kgf} \end{aligned}$$

屈手網、運動場之全阻力為 $100.1 \text{ kgf} + 2727.6 \text{ kgf} = 2827.7 \text{ kgf}$

②第一外登網邊片之阻力估計：

$$54 \text{ 絲加強邊部分之面積} = 21K \times \frac{7}{15}K = 9.8K^2 = 22.05 m^2$$

其阻力 $\gamma' = 22.05 m^2 \times 1000 \times 1 \times 0.033 \times 0.25 \text{ N} = 18.56 \text{ kgf}$

$$30 \text{ 絲部分之面積為 } \frac{14K + 8K}{2} \times 21K = 519.75 m^2$$

其阻力 $\gamma = 519.75 \times 1000 \times 1 \times \frac{0.15}{12} \times 0.25 \text{ N} = 1624.2 \text{ N} = 165.74 \text{ kgf}$

共 2 片，故 $(9.28 \text{ kgf} + 165.74 \text{ kgf}) \times 2 = 350.04 \text{ kgf}$

③第一內登網邊片之阻力估計：

$$54 \text{ 絲加強邊之面積為 } 9K \times \frac{7}{15}K = 4.2K^2 = 9.45 m^2$$

$$\begin{aligned} \text{其阻力 } \gamma' &= 9.45 \times 1000 \times \frac{0.20}{9/2} \times 0.25 \text{ N} = 9.45 \times 1000 \times 0.044 \times 0.25 \text{ N} \\ &= 103.95 \text{ N} = 10.61 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$30 \text{ 絲部份之面積爲 } 9\text{K} \times \frac{8\text{K} + 6\text{K}}{2} = 63\text{K}^2 = 141.75 \text{ m}^2$$

$$\text{其阻力 } \gamma = 141.75 \times 1000 \times \frac{0.15}{9/2} \times 0.25 \text{ N} = 120.54 \text{ kgf}$$

$$\text{共 2 片, 故 } (10.61 + 120.54) \times 2 = 262.3 \text{ kgf}$$

④第一箱網邊片之阻力估計

$$54 \text{ 絲部分之面積爲 } 25\text{K} \times \frac{7}{15} \text{K} = 11.7\text{K}^2 = 26.25 \text{ m}^2$$

$$\text{其阻力爲 } \gamma' = 26.25 \times 1000 \times \frac{0.20}{9/2} \times 0.25 \text{ N}$$

$$= 291.7 \text{ N}$$

$$= 29.76 \text{ kgf}$$

$$36 \text{ 絲部份 } (F_2, F_3) \text{ 之面積爲 } \frac{(9.6\text{K} + 8\text{K})}{2} \times 12.5 + 9.6 \times 12.5 = 230\text{K}^2 = 517.5 \text{ m}^2$$

$$\text{其阻力 } \gamma = 517.5 \times 1000 \times \frac{0.16}{9/2} \times 0.25 \text{ N}$$

$$= 4600 \text{ N}$$

$$= 469.39 \text{ kgf}$$

$$30 \text{ 絲部分 } (F_1) \text{ 之面積爲: } \frac{8\text{K} + 6.18\text{K}}{2} \times 18\text{K} = 127.62\text{K}^2 = 287.1 \text{ m}^2$$

$$\text{其阻力 } \gamma = 287.1 \times 1000 \times \frac{0.15}{7.5/2} \times 0.25 \text{ N}$$

$$= 2871 \text{ N}$$

$$= 292.96 \text{ kgf}$$

$$\text{左右二片阻力共 } (29.76 \text{ kgf} + 469.39 \text{ kgf} + 292.96 \text{ kgf}) \times 2 = 1584.22 \text{ kgf}$$

⑤第二外登網邊片之阻力估計:

$$30 \text{ 絲部分之面積爲 } \frac{(6.18 + 4.12)}{2} \times 8 = 41.2\text{K}^2 = 92.7 \text{ m}^2$$

$$\text{其阻力 } \gamma = 92.7 \times 1000 \times \frac{0.15}{9/2} \times 0.25 \text{ N}$$

$$= 772.5 \text{ N}$$

$$= 78.83 \text{ kgf}$$

$$54 \text{ 絲部分之面積爲 } 8\text{K} \times \frac{7}{15} \text{K} = 3.73\text{K}^2 = 8.4 \text{ m}^2$$

$$\text{其阻力 } \gamma = 8.4 \times 1000 \times \frac{0.20}{9/2} \times 0.25$$

$$= 93.3 \text{ N}$$

$$= 9.52 \text{ kgf}$$

左右二片阻力共 $(78.83 \text{ kgf} + 9.52 \text{ kgf}) \times 2 = 176.7 \text{ kgf}$

⑥第二箱網邊片之阻力估計

54 絲部分之面積為 $40 \text{ K} \times \frac{7}{15} \text{ K} = 18.66 \text{ K}^2 = 42 \text{ m}^2$

其阻力 $\gamma = 42 \times 1000 \times \frac{0.20}{9/2} \times 0.25$

$$= 466.67 \text{ N}$$

$$= 47.62 \text{ kgf}$$

36 絲部分之面積為 $7.42 \times 13 = 96.46 = 217 \text{ m}^2$

其阻力 $\gamma = 217 \times 1000 \times \frac{0.16}{9/2} \times 0.25 \text{ N}$

$$= 1928.9 \text{ N}$$

$$= 196.83 \text{ kgf}$$

$\frac{7.24 \text{ K} + 4.56 \text{ K}}{2} \times 13 \text{ K} = 76.7 \text{ K}^2 = 172.5 \text{ m}^2$

其阻力 $\gamma = 172.5 \times 1000 \times \frac{0.16}{3} \times 0.25 \text{ N}$

$$= 2300 \text{ N}$$

$$= 234.70 \text{ kgf}$$

30 絲部分之面積為 $\frac{4.56 \text{ K} + 3.71 \text{ K}}{2} \times 14 \text{ K} = 57.89 \text{ K}^2 = 130 \text{ m}^2$

左右二片阻力為 $(47.62 \text{ kgf} + 196.83 \text{ kgf} + 234.7 \text{ kgf} + 221.09 \text{ kgf}) \times 2$

$$= 700.24 \text{ kgf} \times 2 = 1400.48 \text{ kgf}$$

⑦網片網部份之阻力估計：

3 分 PE 繩共使用 2400 米

3 分 PE 繩之直徑為 $11 \frac{m}{m}$ ，設其 C_d 值為 1.0

流速 1 knot，其阻力估計

$\gamma = 2400 \times 0.011 \times \frac{1000}{2} \times 0.25 \text{ N}$

$$= 3300 \text{ N}$$

$$= 336.7 \text{ kgf}$$

①~⑦項之網片阻力總估計為 6938.14 kgf

(2)大索類阻力：

外衍索阻力分析：

直徑 4.5 公分長 230 K 之特多龍繩索二條，其阻力為

$$0.045 \times 345 \times \frac{1000}{2} \times 0.25 \text{ N} = 1940 \text{ N} = 198 \text{ kgf}$$

$$198 \text{ kgf} \times 2 = 396 \text{ kgf}$$

(3)浮體阻力：

①小浮球（直徑 30 cm）共 600 個，設為半沈狀態時，其產生之可能最大阻力約為

$$2.30 \times 0.30 \times 0.0785 \times 600 \times \frac{1000}{2} \times 0.25 \text{ N} \times \frac{1}{2} = 2649 \text{ N} = 270 \text{ kgf}$$

②前後擋台 4 組之側面阻力估計：

$$1.9\text{m} \times 0.6\text{m} \times \frac{1000}{2} \times 0.25 \text{ N} = 142.5 \text{ N} = 14.5 \text{ kgf}$$

$$14.5 \text{ kgf} \times 4 = 58 \text{ kgf}$$

浮體阻力估計共 328 kgf

(1)(2)(3)三項之阻力估計為

$$6938.14 \text{ kgf} + 396 \text{ kgf} + 328 \text{ kgf} = 7662.14 \text{ kgf}$$

又，本漁場之底質經調查結果，大部份為砂泥混合體。

其摩擦係數設為 $\mu = 0.49$ ，當流速 0.5 m/sec （即 1 knot ）時，外衍索沿邊之草袋水中重量至少須大於 $\frac{7662.14 \text{ kgf}}{0.49} = 15637 \text{ kgf} \approx 15.6 \text{ Ton}$ ，才不致於走錨。

實質上沿邊碇着索之草袋共 38 個，每個水中重量為 600 kg

$$600 \text{ kg} \times 38 = 22800 \text{ kg} = 22.8 \text{ Ton}$$

$$\frac{22.8}{15.6} = 1.46$$

故當流速 1 knot 時，本落網不走錨之安全係數為 1.46 以上。

四、碇草袋之質量分佈：

落網之阻力產生在流向與外衍索向成垂直時，此時落網之有效截面積最大，此時落網所受之流水阻力亦最大。由上節之分析，若流速 1 knot 時，外衍索沿邊至少須投置 12 Ton （水中重量）以上之草袋才安全。依流體力學之原理，若流速為 2 knot ，則須 48 Ton 以上才安全。圖(14)係表示設最大流速為 1 knot 時之落網草袋質量及浮球分布圖，圖中阿拉伯數字係表示長度單位 K ，每一黑點表示一個浮球，每個浮球之直徑為 30 公分，其中浮力為 13 公斤，又，國字數字表示草袋之數目，每個草袋水中重量約 600 公斤，外衍索外之碇着索所附之草袋有 40 個，水中重量約 24 Ton ，因此流速在 1 knot 時，此落網不致於被流失之安全係數為 2.0 左右，依圖(14)所打造之落網於民國 71 年 5 ~ 6 月間，於烏石鼻外海敷設試驗時未曾有走錨情形發生。

結果與討論

一、不同流速時，落網變形之情形

圖(15)係用目測法觀測結附標物，對外衍索之相對位移而繪製。落網於各種流速下落網變形之情形，由圖中顯示，本落網僅在流速 0.2 m/s 以下，才有良好之網形。流速在 $0.2 \text{ m/s} \sim 0.3 \text{ m/s}$ 時，網形尚可進魚，但用手起網稍感不易。流速在 $0.3 \text{ m/s} \sim 0.4 \text{ m/s}$ 時，網形變形甚大，魚類不易入網。流速在 0.4 m/s （ 0.8 knot ）以上時，網具幾乎浮出水面，第一道外登網（Outer Funnel II）不能著底，魚類完全不能入網。

二、本落網位於烏石鼻外海，因無鰲澳，平時流速均在 0.3 m/s 以上，網形不良，因此在急流漁場之定置網宜再加強登網，箱網底緣邊網（使用特多龍繩），並加附重錘以延緩其於急流中變形。

三、由計算分析整個落網之阻力

網地阻力為整個落網阻力之 82% 左右，網目愈小（尤其捕魚部），雖可避免魚體摧刺，取魚困難之麻煩，却增加網具阻力，因而使得網地變形更加厲害，最後導致網形破壞，喪失捕魚的能力。故捕魚部目大應在 3 寸左右，一方面可保網形不致變形太大，亦可使稚魚通過而不致影響資源。

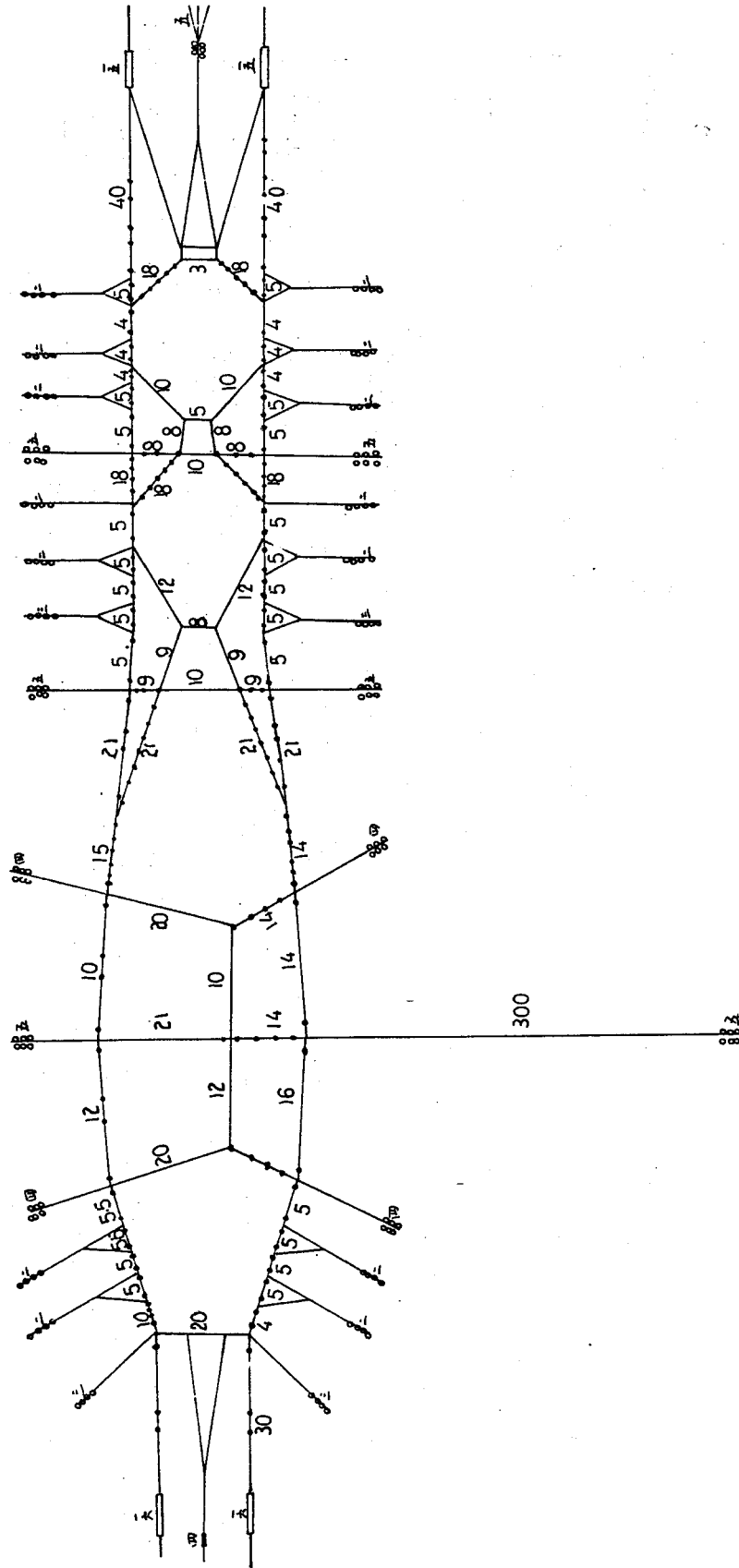


圖 14 15 K 落網浮球草袋分佈圖

Fig. 14 Buoys and sand bags distribution in 15K trap net

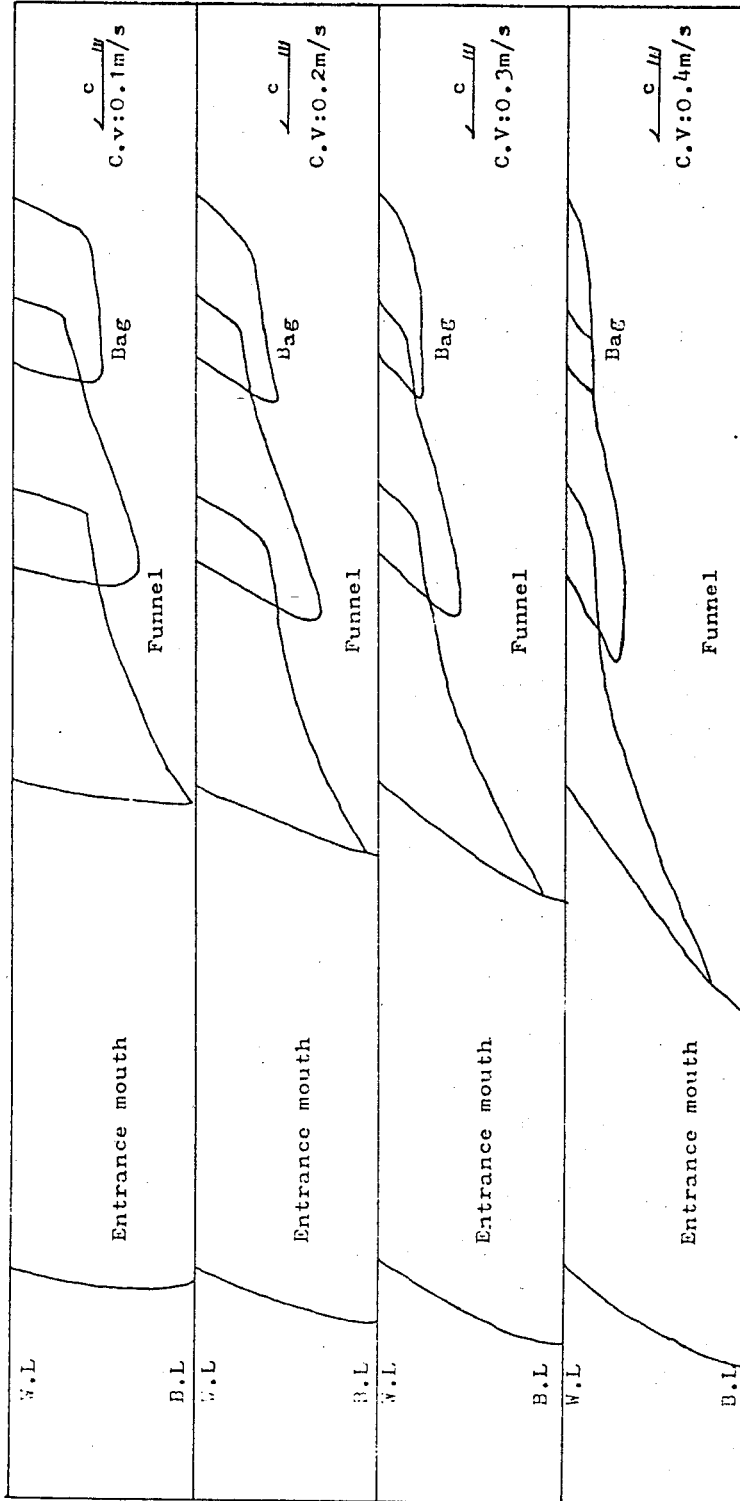


圖 15 落網各流速下變形圖

Fig. 15 Deforming records of webbing in different current velocity.

四、本網具依使用之材料估計在水中之重量約為 1400 公斤左右，其在水中產生之阻力在流速 1knot (0.5m/sec) 時估計為 5534kgf。流速 0.5knot (0.25m/sec) 時約 1383 kg 左右，流速 0.6knot (0.3m/sec) 以上時，由圖(5)知網地已極度變形無法捕魚，因此 C 為常數，故 $\alpha = \frac{\text{網地阻力}}{\text{網地重力}} = \frac{F^2}{Re} \times$

C 之比值，當 $1 < \alpha < 1.64$ 時，已無良好網形，落網進魚情況不佳。 $0.73 < \alpha < 1$ 時，差強人意，進魚尚可。 $\alpha < 0.73$ 網形良好，進魚情況佳，漁撈員起魚輕鬆。 $1.64 < \alpha$ 時，無法進魚。換言之 α 值愈小 ($F \downarrow$, $Re \uparrow$) 愈好。因此選擇高密度之網線，目大增加，減少阻力，可降低 α 值，為將來定置網改進之目標。

五、本落網試驗所使用之防藻劑為 SANKAI R 型防藻劑，網地染網後，網片浸於防藻原液 70%，松香水 30% 之混合液中時，網片染成咖啡色，網片變硬，防藻劑效果尚可，使用防藻劑原液 50%，松香水 50% 之混合液時，網片染成藍綠色，防藻效果較差。一般而論，該防藻劑對動物性浮游生物較有效，對植物性浮游生物效果較差。

六、輔助囊網有其必要；因為第二箱網之浮網係用二分 PE 繩垂掛於內衍索，內衍索上再掛浮球，因此一般第二箱網浮子網沈於水下 50 公分 ~ 70 公分左右。若無輔助囊網，表層性魚類 (如鬼頭刀、飛魚) 常由第二箱網浮子網上方逃逸。

謝 辭

本試驗承蒙所長李博士燦然之支持鞭策，農發會盧技正向志之鼓勵。於烏石鼻海域作全規模之試驗期中，承蒙台東分所全體同仁之幫忙，尤其技工吳坤林，漁撈長蕭金助之現場工作，貢獻良多，另外對技工林忠仙、林美枝之幫忙打字繪圖，亦一併表示謝意。

參考文獻

- 一、西山作藏 (1978) : 定置網の手びき。
- 二、Fujita H. and T. Tokata (1951) : The drag action on a net in a uniform current I, Journal of Applied physics, Japan, vol, 20. No.2.
- 三、森 敬四郎 (1979) : 急潮漁場の漁具の設計について，高知縣定置研究會講稿。
- 四、三木正之，池田正 (1978) : 漁場基線論いする定置漁場判定，三重縣定置網分科會，昭和 53 年試驗研究經過報告。