

水試所垂直式環流水槽之流場特性研究

摘要

為瞭解水試所之漁具模型實驗用垂直式環流水槽流場中流速分布之特性，以尋求出適當之流速測試範圍，利用微流速計（SV-3 型）進行有關流場內流速分布特性研究與探討，獲得如下之結果：驅流馬達轉數與流速之迴歸關係得知，於 $X=289.4$ cm、 $Y=125.0$ cm、 $Z=62.5$ cm 位置定點檢測 40 rpm 至 300 rpm 轉數範圍時，其中於 200 rpm 以下所對應之測值差異變化不甚明顯，流速尚稱穩定；若高於 200 rpm 轉數，則呈現不穩定現象，換言之本水槽基本性能方面，可適用流速的對應範圍介於 0~69 cm/sec 之間。另外，本水槽流速分布均勻性良好，垂直分布方面除轉數於 100 rpm~150 rpm 時靠近表面 15 cm 水層有稍快之傾向外，其餘水深則於 150 rpm 以下時均呈較均勻之分布，水平流速方面，在回轉數低於 150 rpm 以下時，亦大致十分穩定；然而高於此轉數範圍上限之情形下流速則產生明顯的變動，顯示本水槽之均勻流速範圍約為 0 cm/sec~50 cm/sec 間之流速。

關鍵字：垂直式環流水槽，流場特性

利用一可循環水流之流場設備中，進行不同規模之漁具模型測試，藉此做為漁具設計與改良之依據，不論在勞力、時間、經費預算及場所等各方面都比現場研究來得精簡，且準確度亦高。其實早自 Leonardo da Vinci (1452-1519) 便對流水中障礙物所產生的渦流現象進行研究⁽¹⁾，其將障礙物之模型置於流場中觀察，發現隨著流速之變化，一樣可產生與實體相同的渦流現象。其後，有關實驗用水槽之研究設計便不斷的進行著；發展初期，一般皆以水平式環流水槽來進行小規模之實驗研究⁽²⁾，至 1956 年，環流水槽之設計則普遍採用較大型之水平式或稍小規模之垂直式構造，一般而言，水平式水槽設置之場合需較寬廣之空間，由於驅動水流之馬達大都採單組設計，故於流場內之流速無法較快；反之，垂直型結構之水槽則不需大面積之設置場所，底部空間可供驅流馬達兩組並列，測試流速亦可較快，是故目前水槽之設計已趨向於後者。此外，由於不斷之改良，其結構大都採用收縮胴體之設計方式，藉此來獲得較高的流速與較穩定之效果，以達到不同漁具測試之要求^(3,4)。

在國內有關漁具模型之水槽實驗，始於民國五十六

年國立臺灣海洋學院設置水平式環流水槽之後，且幾乎大部份皆為與拖網網具有關之研究^(5,6)。臺灣省水產試驗所為從事漁具改進試驗研究，於民國七十五年九月新設漁具模型實驗用垂直式環流水槽一座；為了進一步瞭解水槽流場之特性，以尋求出適當之流速測試範圍，特進行一系列有關流場內流速分布特性之研究，以建立完整之基礎資料。

材料與方法

一、垂直環流水槽概要

(一) 水槽本體：(Fig. 1 所示)

1. 型式：雙車推動垂直循環式。
2. 尺寸：長 10.0 m，寬 2.5 m，高 4.0 m。
3. 實驗部份：長 5.78 m，寬 2.5 m，高 1.6 m，水深 1.25 m。
4. 觀測窗：兩側面：高 1.3 m，寬 2.5 m（FROAT 玻璃）；底面：長 1.5 m，寬 1.5 m（強化玻璃）。

(二) 容水量：50 Tons。

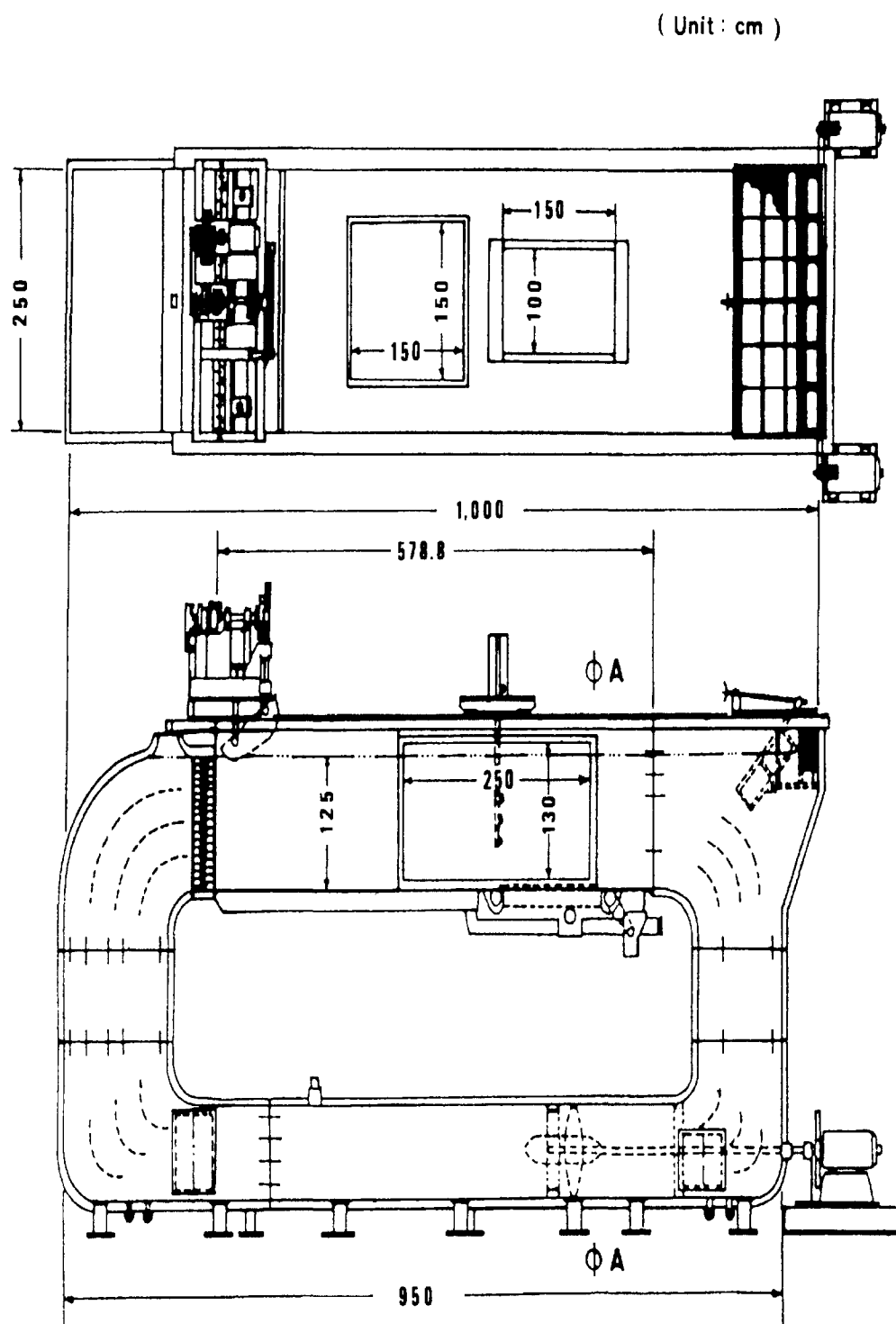


Fig. 1. Schematic diagram of the two impeller type vertical circulating water channel of TFRI.

(三) 流速：MAX. 0.5 m/sec (距上下左右 200 mm 範圍內)。

(四) 導流板：圓弧形，設置在四個彎道處。

(五) 整流裝置：蜂巢式，位於第四彎道處，長1.5 m，寬 3.0 m。

(六) 消波裝置：蜂巢式，長1.5 m，寬3.0 m。氣泡消除裝置：有兩處，一在第三彎道入口，一在第四彎道上方，後者並配置真空幫浦、水位偵測器。

(七) 驅流裝置：

1. 馬達：可變速馬達，VS 15 KW，回轉速100~1375 rpm。

2. 車葉：直徑 900 mm。

(八) 造波裝置：Plunger Rotary Type，AC 5.5 KW 馬達。

1. 波高：MAX. 200 mm。

2. 週期：MAX. 1.5 sec。

(九) 移動底：Belt-endless type，長1.5 m，寬1.0 m。

(十) 台車：

1. 工作台車：長 3.0 m，寬 1.0 m。

2. 測定台車：長 3.0 m，寬 1.0 m。

二、流速測定

流速測定方法乃是將流速計垂直固定於測定台車架上，流速計為微車葉式 (MiniProller Type) SV-3 型篠塚製 (SHINOZUKA SEISAKSHO)，車葉直徑0.3 cm，最大測定範圍 3 cm/sec~100 cm/sec。流速分布之測定點選擇是在實驗部份中，取水流出口至末端入口處，與水流平行之方向為X軸；垂直於兩側面觀測窗玻璃方向為Y軸；又由底部起至水面垂直方向者為Z軸；另水位高度則以觀測玻璃面之平均水位讀取之⁽⁷⁾。

本研究之各項資料處理方式是由測速系統中之微流速計來測取各點流速之數據訊號；而Y、Z軸位移部份則由其控制之系統以數位化 (Digitalize) 予以控制；水流驅動系統則由馬達控制機構控制之，上述三個系統之訊號經由擴大裝置 (Amplifier) 後，透過A/D轉換介面逕送至資料擷取系統 (Data Acquisition System) 最後送入CPU電腦中利用QBASIC及LOTUS軟體程式加以處理及分析之，其流程如 Fig. 2 所示。

結果

一、驅流馬達轉數與流速之關係

在測定流場流速之分布前，為確定送流用驅流馬達轉數與流速之對應關係係處於穩定之狀態，故先予實施流速與轉數定點測試；測定時將微流速計置於流路中央部X=289.4 cm，Z=62.5 cm處，馬達回轉數由40 rpm起至300 rpm止，計得27次測定值。由頻度分布情形觀之，在200 rpm回轉數以下時，大致差異變化不甚明顯，尚稱穩定；若高於200 rpm以上時，則呈現大幅變動之不穩定現象，即馬達轉數與流速對應之可適用流速範圍介於0~69 cm/sec之間。其直線回歸關係經計算後得如Fig. 3所示，其關係式如下：

$$Y = -0.10265 + 0.0039796 \cdot X$$

二、垂直接流速分布

在垂直接流速測定方面，於流路中央Y=125 cm處由離底部15 cm處起至水面下20 cm處之水深為Z軸，而X軸分別取X=144.7 cm、X=289.4 cm及X=434.1 cm前、中、後三個橫斷面，同時以50、100、150及200 rpm不同回轉數進行測試，其結果如 Fig. 4；流場中，除靠近表水面之流速於100 rpm~150 rpm時有稍快之傾向外，其餘水深則無論上、下層流，在回轉數小於150 rpm時均呈較均勻之分布；然而轉數超過150 rpm以上時，則X軸上三個斷面之垂直接流速皆呈現較不一致的現象，尤其由Fig. 4可發現，在200 rpm轉數時，此現象尤為明顯。

三、水平流速分布

另在水平流速測定方面，Y軸於全長250 cm中，每15 cm為一間隔，計15個測點，Z軸則取離底30 cm、60 cm及90 cm之水層亦分別以50、100、150及200 rpm不同回轉數進行測試，結果則如 Fig. 5所示；以X軸上三個斷面的上、中、下層流比較之，一般在回轉數低於150 rpm以下時，大致差異不甚太堪稱均勻；同樣在高於此轉數之情形下，則流速便產

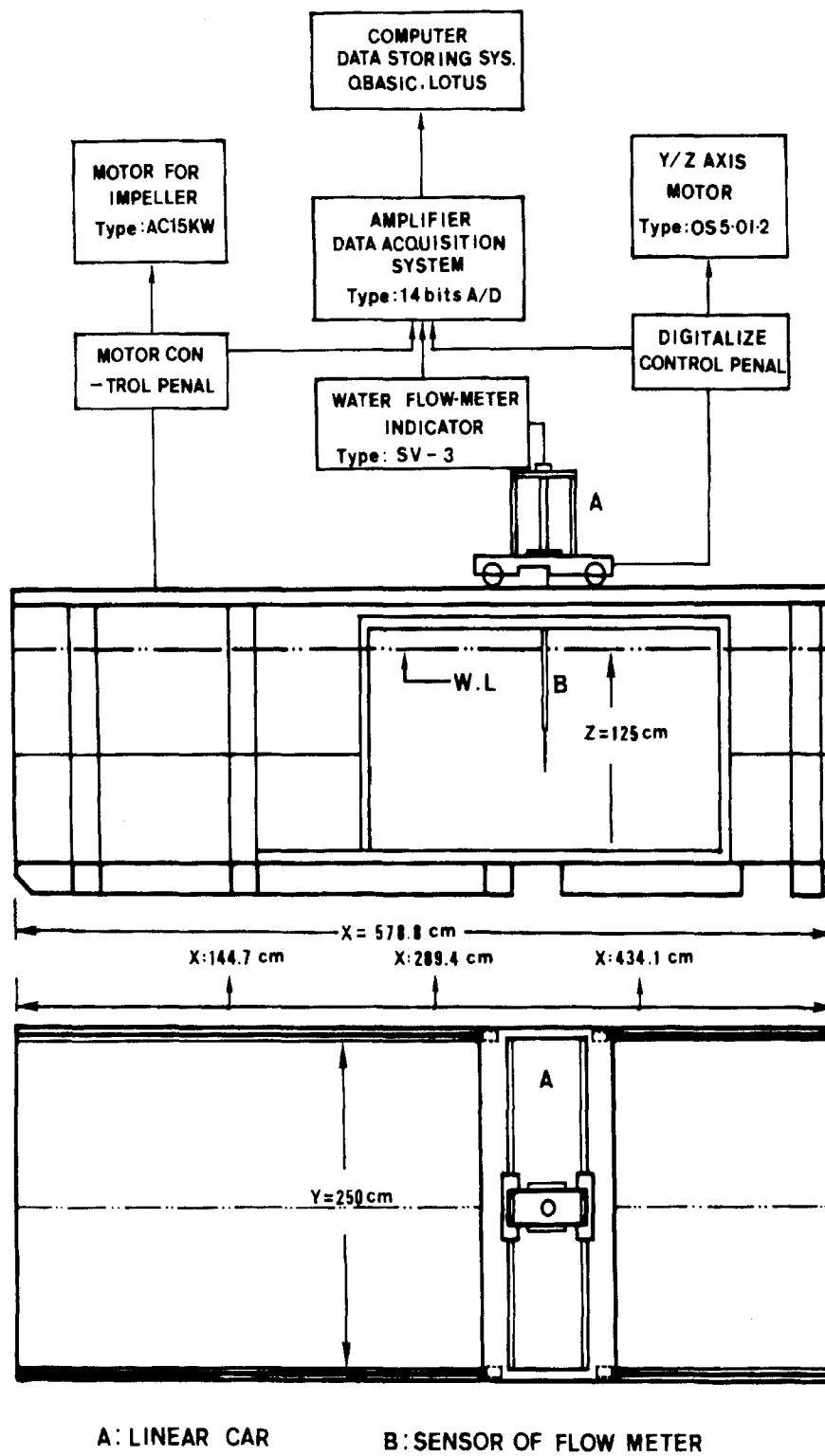


Fig. 2. The constitution diagram of the performance system of the vertical circulating water channel of TFRI.

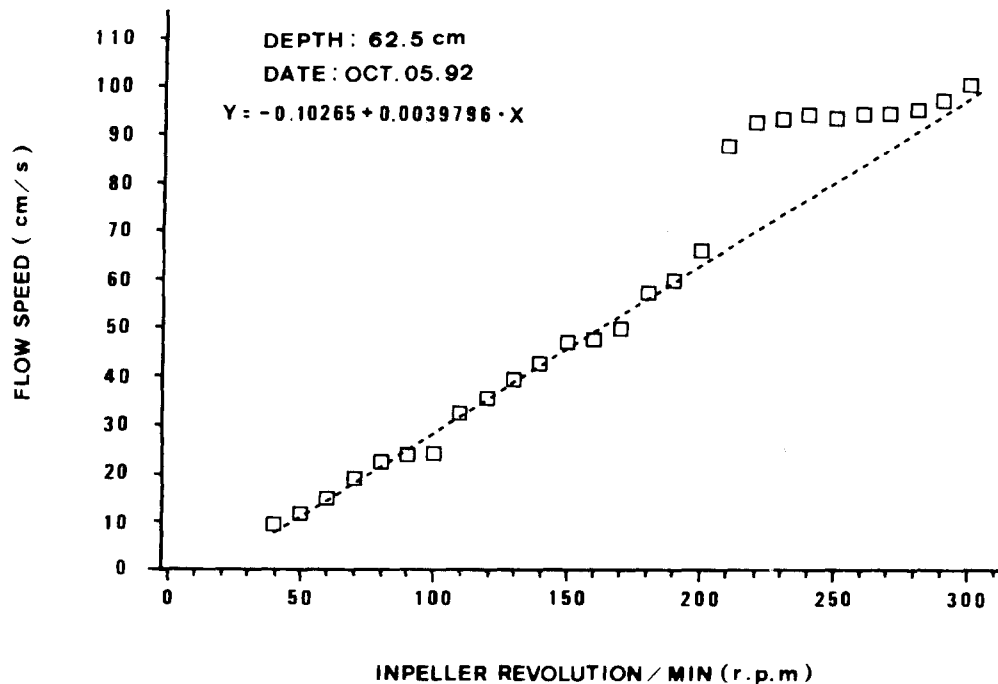


Fig. 3. Relation of the flow speed and the revolution per minute of the driving motor.

生明顯的變動，就 Fig. 5 中的 200 rpm 回轉數所產生之流速分布狀態得悉，其會隨著水深增加而流速稍有遞減現象，此結果與上述垂直測定時同轉數下之情形有相同之趨勢。此外，同一水層中隨著 X 軸距離的增加流速亦有遞減之傾向，由本圖顯示在上層及中層流的前段 $X=144.7$ cm 斷面位置變動情形表現較為明顯，至於中、後段之中層流及下層流於不同回轉數下所產生的流速分布情形則相當一致並無太大的變化。

討論

漁具研究用環流水槽雖具有時空方面的優點，但必須俱備有兩項重要的基本性能，即為一、具有可適用之流速範圍，二、均勻之流速分布⁽⁸⁾。為因應今後本水槽各項研究之進行，是故對本水槽之性能狀態及水流速度測定作一全面探討有其必要性。

本水槽之結構屬於垂直環流型設計 (Fig. 1)，以兩組各具 15 KW 之馬達做為水流驅動力，實驗部份

長 578.8 cm、寬 250 cm、深 125 cm 內，分別以與水流平行之方向為 X 軸，垂直於兩側面觀測窗玻璃方向為 Y 軸，又由底部起至水面垂直方向者為 Z 軸 (Fig. 2)，在此空間內實施不同流速分布之測定。由以上水槽流速測試結果顯示，首先利用微流速計進行送流用驅流馬達回轉數與流速關係之定點測試時，設定轉數由 40 rpm 至 200 rpm，則回轉數與其相對所產生的流速呈直線式之線性關係 (Fig. 3)，但當超過此範圍上限時，水槽流速便不再隨馬達回轉數之增加而呈穩定之增速，亦即是說本水槽基本性能方面可適用的對應流速範圍是介於 0~69 cm/sec 之間。

其次有關水槽流速分布均勻性測定方面；水槽流場中，其垂直流速分布情形：驅流馬達轉速於 100 rpm ~ 150 rpm 間，即流速為 29.5 cm/sec ~ 50.0 cm/sec 時，靠近表面 15 cm 水層有稍快之傾向外，其餘水深則於 150 rpm 以下時均呈較均勻之分布 (Fig. 4)；然而轉數高於 200 rpm 時即流速高於 69.0 cm/sec，則 X 軸上三個斷面之垂直流速皆呈現較不一致的現象

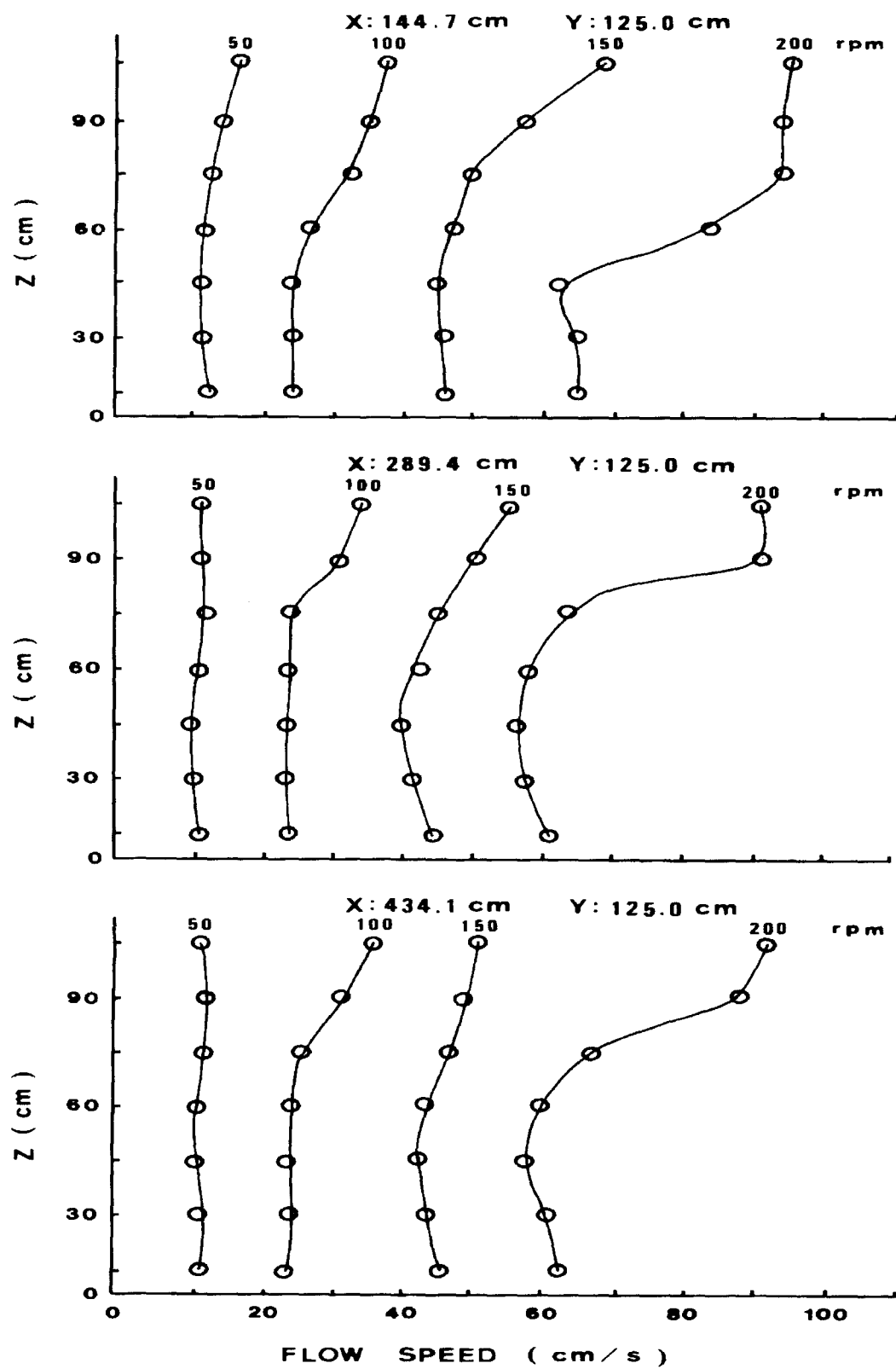


Fig. 4. General vertical distributions of flow speed on the central section of the channel.

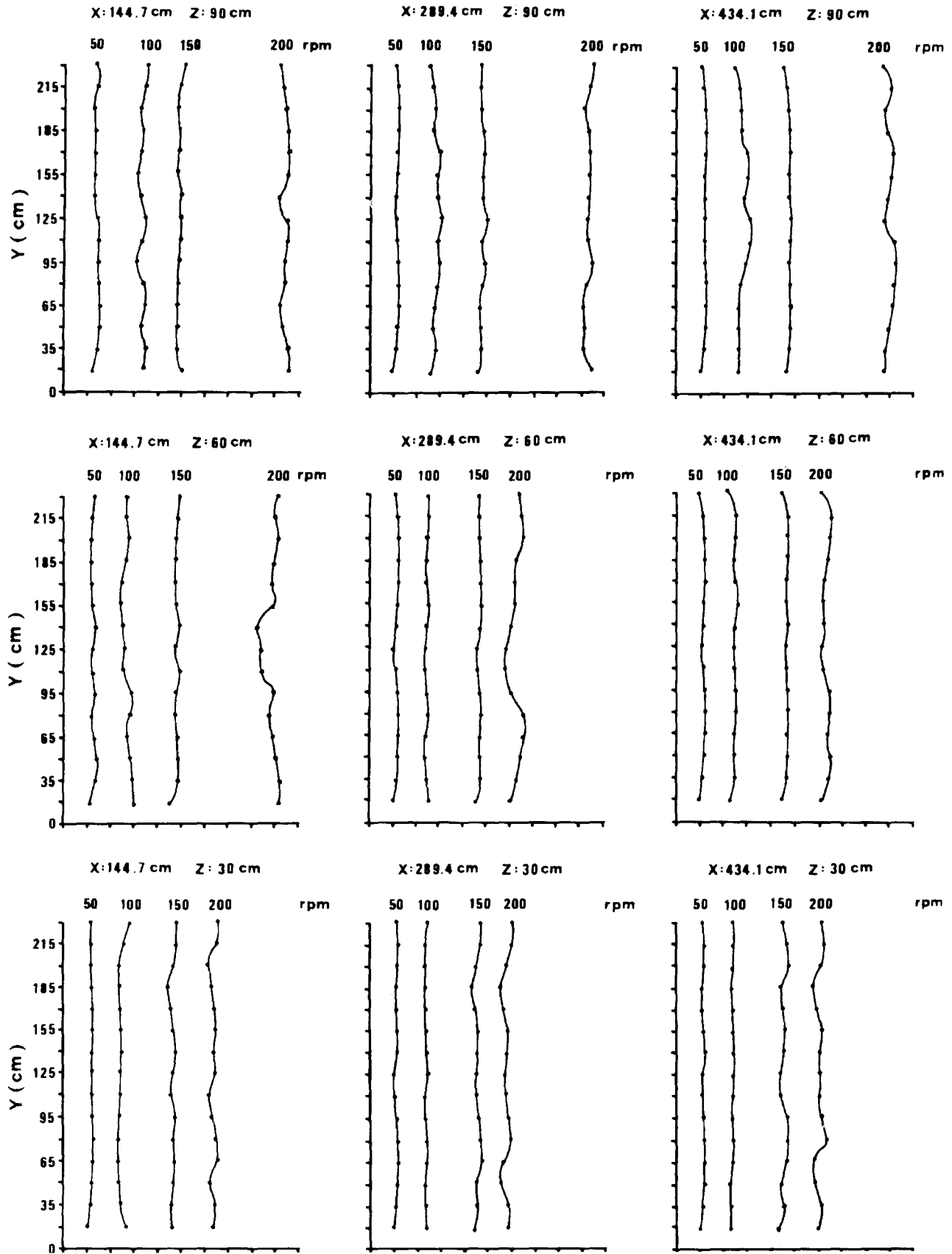


Fig. 5. Horizontal distributions of flow speed at the depth 30, 60 and 90 cm over the bottom.

(Fig. 5)；此結果亦可由流速的水平分布情形中明顯看出，做水平流速檢定時，在 X 軸前、中、後三個斷面之上、中、下層流，一般在回轉數低於 150 rpm 以下時，大致十分穩定這由 Fig. 6 之 100 rpm 產生之流場圖可看出；同樣在高於此轉數之情形下，流速則產生明顯的變動，尤其 200 rpm 回轉數之流速分布狀態，其隨著水深的增加而流速稍有遞減現象（如 Fig. 7），此結果與上述垂直測定時同轉數下之情形相同。此外就流場整體而言，同一水層中隨著 X 軸距離的增加流速亦稍有減緩之傾向，且上層至中層流在前段 $X=144.7$ cm 位置變動情形較為顯著，至於 X 軸中、後段除表水面外，其中層流及下層流則流速分布的情形即無太大的變化；因此得知，本水槽之流場均勻度之轉數約在 150 rpm 以下時所產生的 0 cm/sec ~ 50 cm/sec 流速，且其範圍在 X 軸上三個橫斷面、深度為 $Z = 0 \sim 75$ cm 即底部至水槽中層之位置。

若將上述結果運用到漁具模型測試時，為使測試的漁具在水槽實驗部份中取得均勻一致的流速分布，是故對其實際作業上之瞭解有其必要性；如於本水槽實施中、底層使用之漁具諸如中層拖網、底拖網、底刺網或人工漁礁等模型流體實驗時，因其流速分布一致，故較不受測試位置不同而影響其標準性，然而需介於表水層如大型巾著網或比例較大之箱網等模型實驗時，為避免流速不一致而影響其標準性，實驗設計時可依據田內 (1934) 比較法則縮小模型之比例或利用本水槽之中、後段進行測試實驗，其影響便可減至最小；整體言之，本水槽之流場特性確定後，可對各種漁具模型實驗提供不同之適當流速測試範圍，使爾後漁具設計與改良之研究更臻完善之境界。

謝辭

本研究報告，承蒙本所海洋漁業系李代主任定安之支持與鼓勵，並得廖研究員學耕及吳助研員世宏在試驗設計及資料解析上之指導及寶貴的意見，謹致由衷之謝忱。

參考文獻

1. Takahei, T. (1981) On the history and prospect of circulating water channels. Formerly, Nihon Kagaku Kogyo Co., Ltd., pp. 1-10.
2. Ogura, M. (1986) General Introduction for circulating water channel. West Japan Fluid Engineering Laboratory Co., Ltd., pp. 1-17.
3. Takahei, T. (1971) The utilized circulating water channel. J. Soc. Naval Arch. Japan, 503.
4. Takahei, T., T. Tagori and O. Kishimoto (1975) Resistance test in the circulating water channel. J. Soc. Naval Arch. Japan, 159.
5. 周耀然 (1969) 網漁具模型適用性範圍之研究. 中華農學會報, 68: 56-63.
6. 李燦然 (1970) 基礎漁具力學研究. 臺灣省水產試驗所, 130 pp.
7. 本多勝司, 鈴木 誠, 松田 蛟, 宮崎芳夫, 小池孝知, 井上清, 磯打 勉 (1973) 新設漁具模型實驗用回流水槽之特性. 日本東京大學漁業期刊, 65(1): 15-22.
8. 王敏昌 (1988) 拖網中流速分布特性分析. 臺灣省水產試驗所, pp. 12-13.

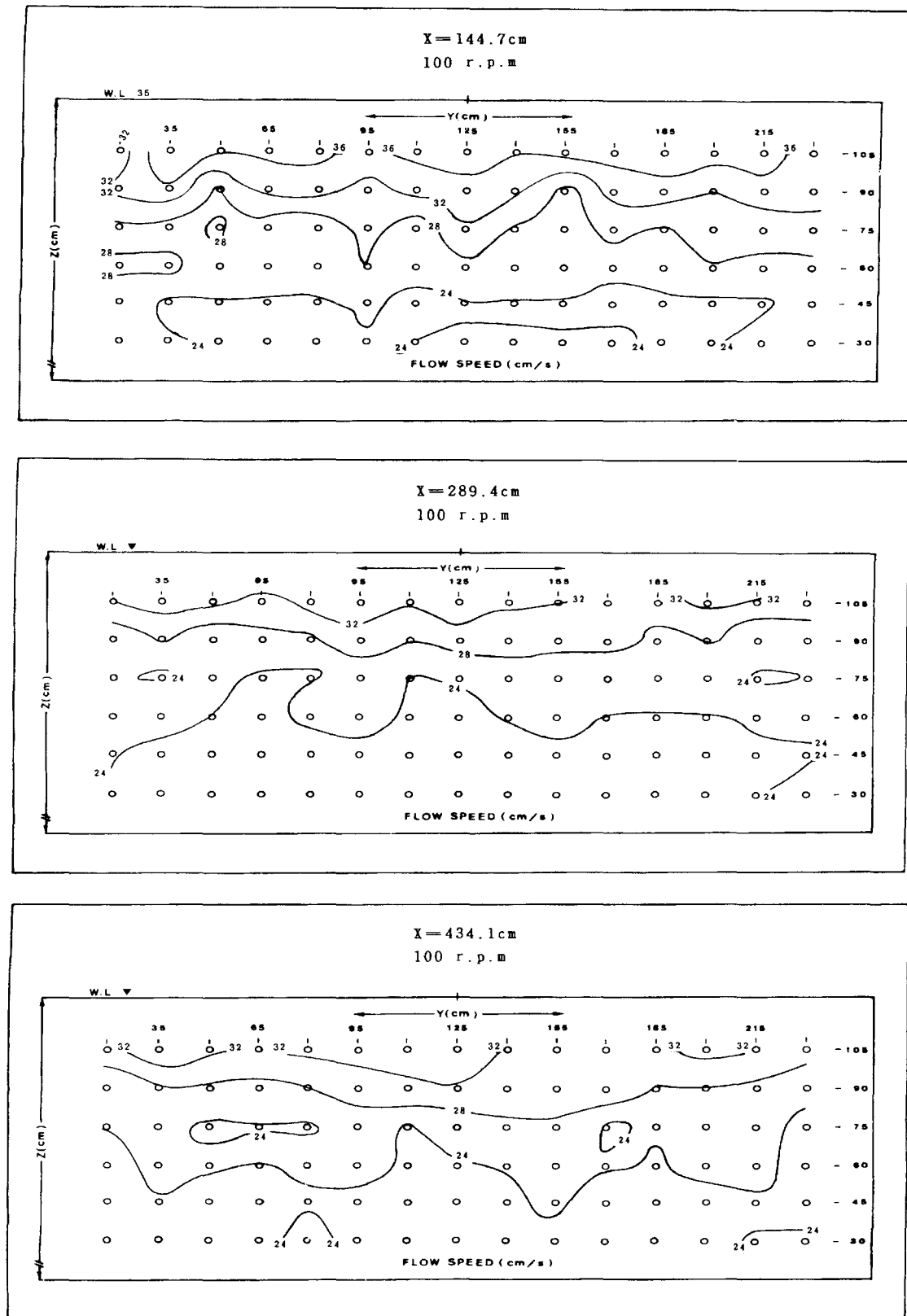


Fig. 6. The distribution of flow speed in 100 rpm of driving motor.

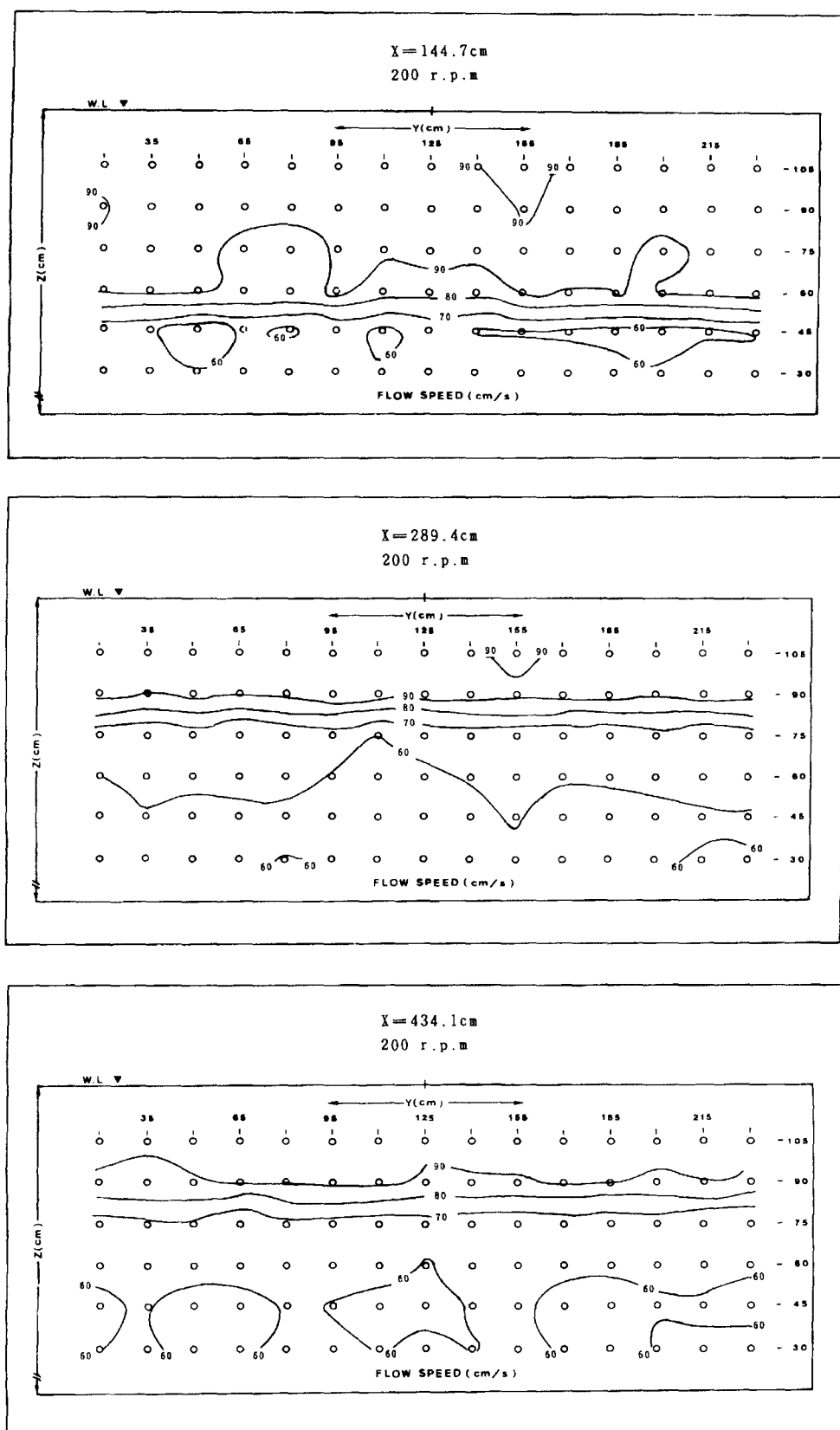


Fig. 7. The distribution of flow speed in 200 rpm of driving notor.

Horng-Cheng Lin, Ming-Chang Wang
Department of Marine Fisheries, Taiwan Fisheries
Research Institute, 199 Hou-Ih Rd., Keelung,
Taiwan 202
(Accepted 1 November 1993)



Studies on the Flow Characteristics of the Vertical Circulating Water Channel of TFR I

Abstract

In order to find the range of flow speed suitable for modeltesting of fishing gear, the Mini Water Flow-Meter (SV-3) was used to study the characteristics of the flow speed distribution in the vertical type circulating water channel at the Taiwan Fisheries Research Institute during the autumn of 1992. The results were summarized as following:

The speed of A. C. motor ranges from 40 to 300 rpm; if under 200 rpm, the flow speed is stable; if the speed is above 200 rpm, the flow speed is unstable and drastically changed. However, the speed of A. C. motor, operating at 40 to 200 rpm resulting in flow speed from 0 to 69 cm/sec is suitable for vertical or horizontal flow speed tests; The study found that the speed of A. C. motor, ranging from 100 to 150 rpm, resulted in an even distribution in the vertical flow speed. However, the vertical flow speed in the water channel from surface to a depth of 15 cm is a some what fast. In the testing of horizontal distribution of flow speed, 150 rpm of A. C. motor speed is a critical point. Below this point, flow speed is moderately stable. The speed changes frequently if the motor speed is over 150 rpm. Therefore, the water would be evenly distributed if the A. C. motor speed was less then 150 rpm or the flow speed ranged from 0 to 50 cm/sec.

Key words: Vertical circulating water channel, Characteristics of flow field