

A Study on Some Simple Apparatus to Demonstrate Hydraulic Principles

劉 漢 烈

Summary

Some simple devices to demonstrate important hydraulic principles to students are necessitated in fluid mechanics or hydraulics classes. These devices should be easy to make and operate with inexpensive cost.

The writer has studied some simple demonstration apparatus of hydraulic principles which were made with cheap materials. The purpose of this paper is to present the results of the study.

In this paper, hydraulic principles that can be demonstrated by using these apparatus are described, the plans of them are presented, and how to make them and what materials to be used are briefly explained.

An axial-flow fan is a device with which the flow of air is supplied for several purposes. It consists of a duct, a fan and a guide vane. It may be possible to demonstrate the principles of propeller, drag force, lift, etc.

I. 緒 言

流體力學 또는 水理學 講義에서 比較的 製作 과 取扱이 簡單하면서도 重要한 原理들을 直接 學生들에게 說明할 수 있는 裝置들이 必要하다. 이 點은 우리나라와 같이 高價인 水理實驗施設을 가추기 어려운 實情下에서는 특히 고려되어야 할 것이다.

筆者는 流體力學 또는 水理學에 關한 重要한 原理를 敎示할 수 있는 簡單한 裝置를 研究考察 하였으며 廉價인 材料를 써서 製作하였다. 이 論文에서 簡單한 裝置를 使用하여서 敎示할 수 있

는 水理學의 原理들을 說明하며 裝置의 設計圖, 製作方法, 製作材料 등을 記載하려고 한다.

II. 軸流 扇風機(axial-flow fan)

1. 敎示할 수 있는 實驗

이 扇風機의 略圖는 그림 1과 같다. 즉 空氣流를 風扇으로 誘導하는 緣邊이 曲線으로 된 入口와 空氣流가 생기도록 하는 風扇과 風扇에 의 한 尖端影響(tip effect)을 除去하고 또 空氣流를 軸方向으로 바로 잡기 위한 風扇보다 약간 큰

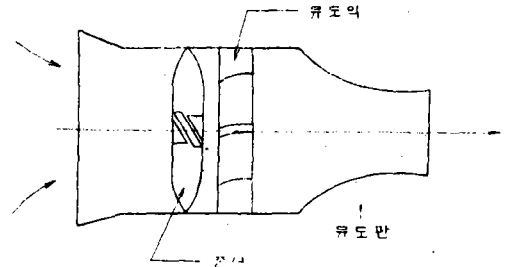


그림 1

直徑을 가진 導管과 그리고 風扇 直前에서 생긴 接線方向成分을 軸方向으로 誘導하기 위한 誘導翼, 可及的 攪亂으로 因한 에너지消耗을 작게하면서 空氣流斷面積을 이 扇風機에 連結하는 他 裝置의 連結部斷面積과 같은 것으로 縮小하기 위하여 역시 緣邊이 曲線으로 된 出口 등으로 構成되었다. 風扇은 電動機로 回轉한다.

이 扇風機를 使用하여 後述하는 各種 敎示用 裝置를 作用시키는 때 필요한 空氣流를 供給할 수 있을 뿐 아니라 다음에 記述하는 여러가지 流體力學의 原理들을 說明할 수 있다.

우선 空氣流가 어떻게 생기는가 를 알기 위하여 날개 螺旋推進機(blade screw)가 무엇인가 를

알 필요가 있다. 날개螺旋推進機란 流體에 대한 相對運動을 하는 동안 그의 軸둘레를 도는 放射狀날개들로 構成된 것이다. 이것에는 네가지 主要型이 있다. 즉 (1)프로펠러 (2)風車 (3)風扇 (4)風速計의 네가지 이다. 軸流扇風機는 이中에서 (3)의 風扇을 利用하여 空氣流를 얻는 것이다.

이 네형은 각각 그 使用目的이 다르며 그 作用原理中 다른點도 있지만 一般的으로 基礎的 作用原理는 같다. 따라서 그中 代表的인 프로펠러를 들어서 說明하기로 한다. n을 單位時間의 프로펠러의 回轉速度라고 한다. 그림 2에 있어서 A部分의 周邊速度(peripheral speed)은 $V_p = \pi nd$ 이다. V는 프로펠러의 軸方向速度라고 하고, 그림 3은 날개의 一點에 作用하는 速度成分과 分

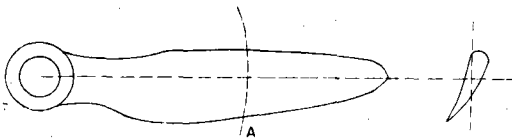


그림 2

力을 나타낸다. 날개의 一點은 空間에서 螺旋狀運動을 한다. 合速度 V_R 은 V와 V_p 의 벡터和이다. 合力 R은 V_R 에 垂直한 揚力(lift) L과 V_R 에 나란한 抗力(drag) D의 兩分力으로 나눌 수 있다.

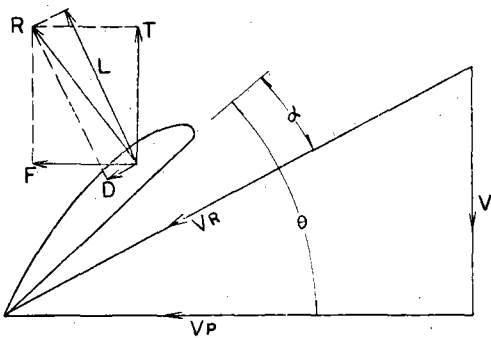


그림 3

프로펠러에 作用하는 合力 R은 다시 다른 兩分力으로 나눌 수도 있다. 즉 하나는 飛行機나 배를 움직이게 하는 回轉軸方向의 推力 T와 다른 하나는 回轉平面에 나란하며 動力裝置로 因하여 發生하는 檢力 F이다. α 는 날개의 한 要

素의 迎角이며 θ 는 날개角 이다. 飛行機나 배는 上記한 分力中 推力에 의하여 前進하고 風扇은 바람을 이르킨다. 換言하면 飛行機나 배의 프로펠러는 位置를 바꾸는데 反하여 같은 原理로 바람을 이르키는 風扇은 自體는 움직이지 않고 空氣가 움직이도록 한다. 風扇을 지나는 空氣流를 滑流(slipstream pump)라고 부른다. 그리고 프로펠러나 風扇에서 利用되는 힘은 推力이므로 推力이 最大이고 檢力이 最小인것이 理想的이다.

이리하여 風扇 直前에는 負壓力이 생기며 이것은 空氣가 風扇에 接近하는데 도움이 되고 風扇 直後에 생긴 正壓力과 날개의 要素들에 作用하는 揚力으로 因하여 생긴 推力은 空氣流를 風扇 下流側에 發生시킨다. 한편 風扇의 回轉으로 因하여 생긴 檢力은 滑流中에 回轉成分이 發生하게 되므로 이것을 防止하기 위하여 風扇下流側에 固定된 흐름을 바로 잡는 誘導翼이 필요하다. 또 날개의 下緣近方에 發生하는 尖端渦流는 抵抗力이 增加하도록 하며 이것은 揚力을 減少하므로 風扇의 效率을 減少한다. 이 尖端影響을 減少시키기 위하여 導管이 필요하다.

그리고 導管入口에 雜物의 侵入을 막기 위하여 鐵系網을 다는데 이 網의 鐵系는 굵을수록 空氣가 圓滑하게 流入하는것을 妨害할 것이니 可及의가는 鐵系를 써야 한다. 上記한 軸流扇風機의 原理의 大部分은 또한 프로펠러 펌프(propeller pump)에도 適用되며 流體가 空氣 代身 오직 물일 따름이다.

軸流扇風機에서 流出하는 空氣射流속에 큰 공을 넣었을때 그 공은 어느높이에서 머무르며 떨어지지 않는다. 손으로 공에 壓力을 加하면 강한 反作用의 抵抗을 느낄 수 있다. 공의 바로 兩側面에는 負壓力이 作用한다. 이 負壓力은 공의 兩側面에 隣接한 空氣流速이 빠르기 때문에 생기는 것이다. 공이 射流속에 뜬채 머무는것은 공에 空氣流에 의한 抗力이 作用하기 때문이다. 일반적 인抗力公式은

$$D = C_D \rho \frac{V^2}{2} (\text{面積}) \dots \dots \dots (1)$$

이며 여기서

C_D : 抗力係數

$\rho V^2/2$: 動壓力

이다. C_D 는 Reynolds 數 R_e 의 函數이다. $R_e \approx 0.4$ 以下일때 즉 層流일때는 공의 抗力係數 $C_D = \frac{24}{R_e}$ 이며

$$D = C_D \frac{\rho V^2}{2} (\text{面積}) = \frac{24}{\rho V d / \mu} \cdot \frac{\rho V^2}{2} \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

$$D = \mu V \pi d \dots \dots \dots (2)$$

이다.
 만일 공의 直徑이 射流의 直徑에 比하여 매우 작을때는 공은 落下한다. 그 理由는 공의 上面과 下面사이의 流速變化가 작고 따라서 壓力變化가 작으며 抗力이 작아서 공의 무게를 이기지 못하기 때문이다. 이 現象은 공의 直徑이 작을수록 顯著하다.

여러개의 공을 한꺼번에 空氣射流속에 떠올때는 공의 表面荷重이 大略 같으면 공들은 서로 衝突하여 上下로 活潑하게 움직인다. 이것은 Bernoulli의 定理에 의하여 공사이의 縮小하는 空間 때문에 생기는 吸込과 渦分離(eddy seperation)으로 因하여 생기는 周期的 橫力때문에 이러나는 現象이다.

曲面板을 空氣流속에 떠있는 공에 接近시키면 그 공은 曲面板에 附着한다. 曲面板을 위로 움직이면 공은 板을 따라온다.

軸流扇風機를 그 鉛直한 位置로부터 기울리면 공은 기울어진 空氣射流속에 그대로 머무르나 射流가 鉛直할때 보다 射流의 아래쪽으로 자리를 옮긴다. 扇風機가 30°~40° 기울면 공은 落下한다. 이 現象을 說明하기 위하여 실다발로 흐름의 狀態를 調査하였다. 공下面에서는 실이 축늘어지는데 反하여 공上面에서는 실이 강한 空氣流가 있는것을 表示한다. 이것은 空氣가 공上面으로 흐르고 下面으로는 흐르지 않는것을 뜻한다. 또한 공이 射流쪽으로 吸込되고 있는것을 나타낸다. 공上面의 빠른 空氣流는 負壓力를 造成하기때문이다. 이것은 吸込力으로 因하여 揚力이 생기는 간단한 例이다. 일반적인 揚力公式은

$$L = C_L \frac{\rho V^2}{2} (\text{面積}) \dots \dots \dots (3)$$

이며 여기서 C_L 는 無元的인 揚力係數이다. 面積은 物體의 投影面積이다.

한개의 管으로 誘導되는 空氣流에서의 에너지

損失은 自由로 排出하는 空氣射流의 그것보다 훨씬작다. 이 事實을 實證하기 위하여 다음과 같은 實驗을 할 수 있다. 軸流扇風機의 出口斷面을 50mm로 縮少하여 작은 風筒공이 空氣流속에 뜨도록 한다. 다음에 風速을 주려서 공이 바로 出口上部에 머물도록 한다. 그리고 板紙로 만든 圓管을 공에 接近시킨다. 그러면 공은 圓管을 通하여 射出하여 버린다. 또한 圓管上端에 공을 놓아 띄게 할수도 있다. 이것은 圓管으로 因하여 空氣의 上向流速이 매우 增加하였기 때문이다.

공을 다시 鉛直한 空氣射流속에 놓는다. 그리고 두손으로 그 水平軸둘레로 공을 비튼다. 그러면 공은 더욱 上昇할 것이다. 이것은 揚力이 增加한 標識이며 이 揚力の 增加는 마그나스效果(Magnus effect)로 因한것이다. 다음에 水平한 空氣射流가 鉛直한 壁에 부딪치게 한다. 이 射流속에 공을 뜨게 할 수 있다. 壁이 없으면 공은 바로 떨어지고 말 것이나 壁때문에 공은 壁으로부터 약간의 거리에 떨어져서 떠있는다. 그 理由는 射流가 變向하므로 그 速度로 因한 低壓이 空氣流의 內側彎曲部에 생겨서 공을 吸込하기 때문이다 공이 射流속에 없으면 射流는 對稱적으로 上下方向으로 噴流할 것이다. 그러나 공이 射流속에 떠 있을 때는 運動量法則에 의하여 射流는 윗쪽으로 만 흐를것이다.

軸流扇風機와 약간의 他物件을 써서 空氣流의 通跡(wake)를 調査할 수 있다. 한 平板附近의 흐름의 狀態를 表示하는 寫眞은 平板後方に 두개의 渦돌이가 생기는 것을 나타내고 있으며 이 渦돌이는 中心線을 向하는 逆流가 생기도록 한다. 그리고 흐름의 偏向이 平板幅밖까지 伸張하는것을 볼 수 있다.

이 現象을 空氣流를 利用하여 쉽게 實證할 수 있다. 軸둘레로 圓滑하게 回轉하는 金屬板으로 만든 작은 푸로페러를 板 뒤쪽에 넣는다. 板 가까이 前方을 向하도록 푸로페러를 놓으면 푸로페러가 도는데 이것은 事實로 逆流가 있다는것을 나타낸다. 푸로페러를 平板에서 멀리하면 그 回轉이 갑자기 停止하는 點이 있다. 다음에 平板으로부터 더욱 멀리 떠려져서 푸로페러가 後

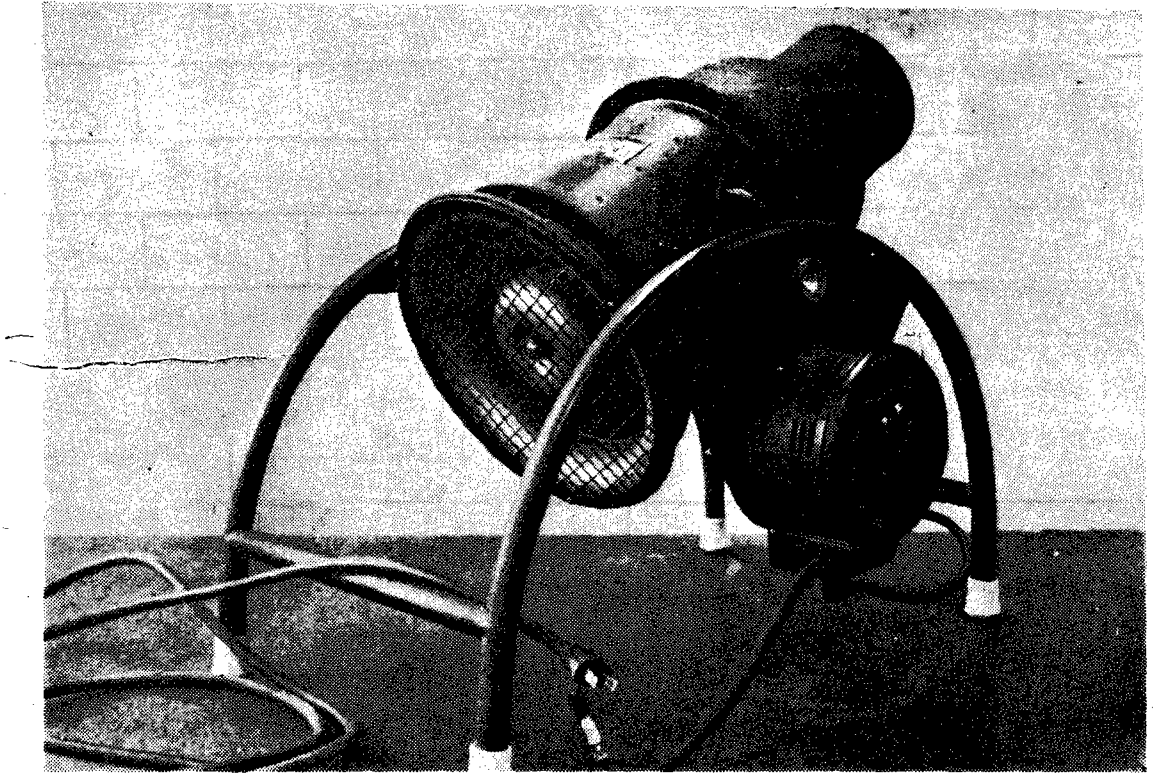


그림 4

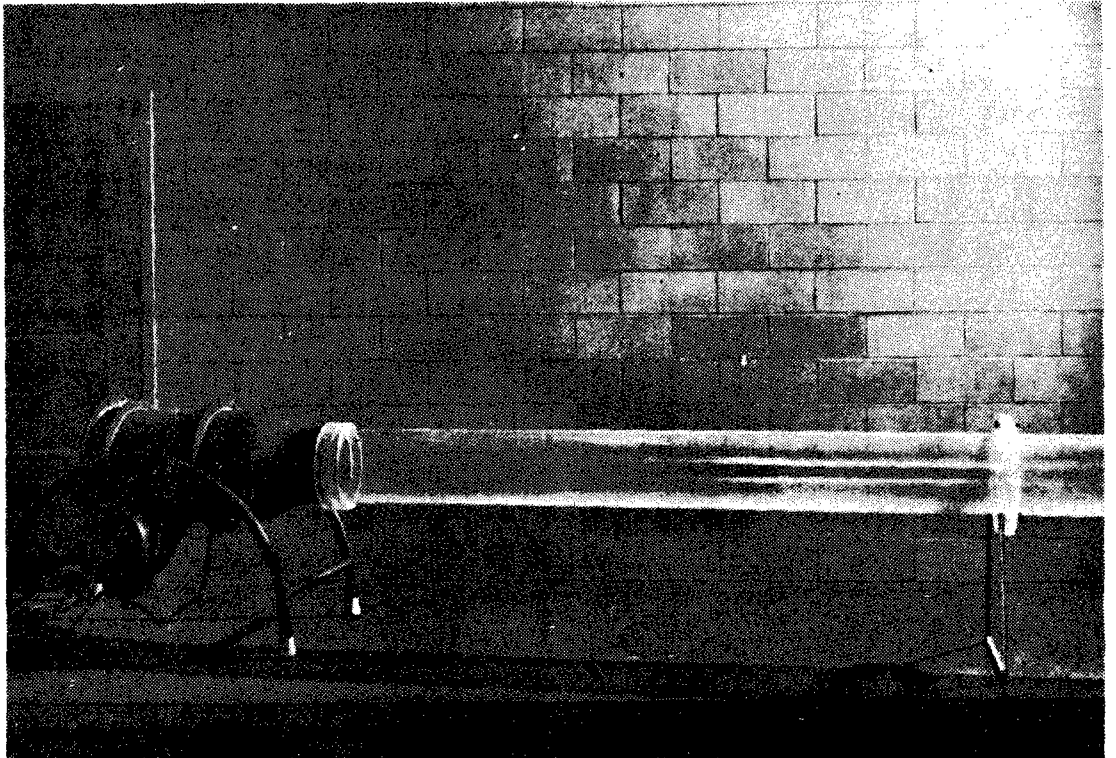


그림 6

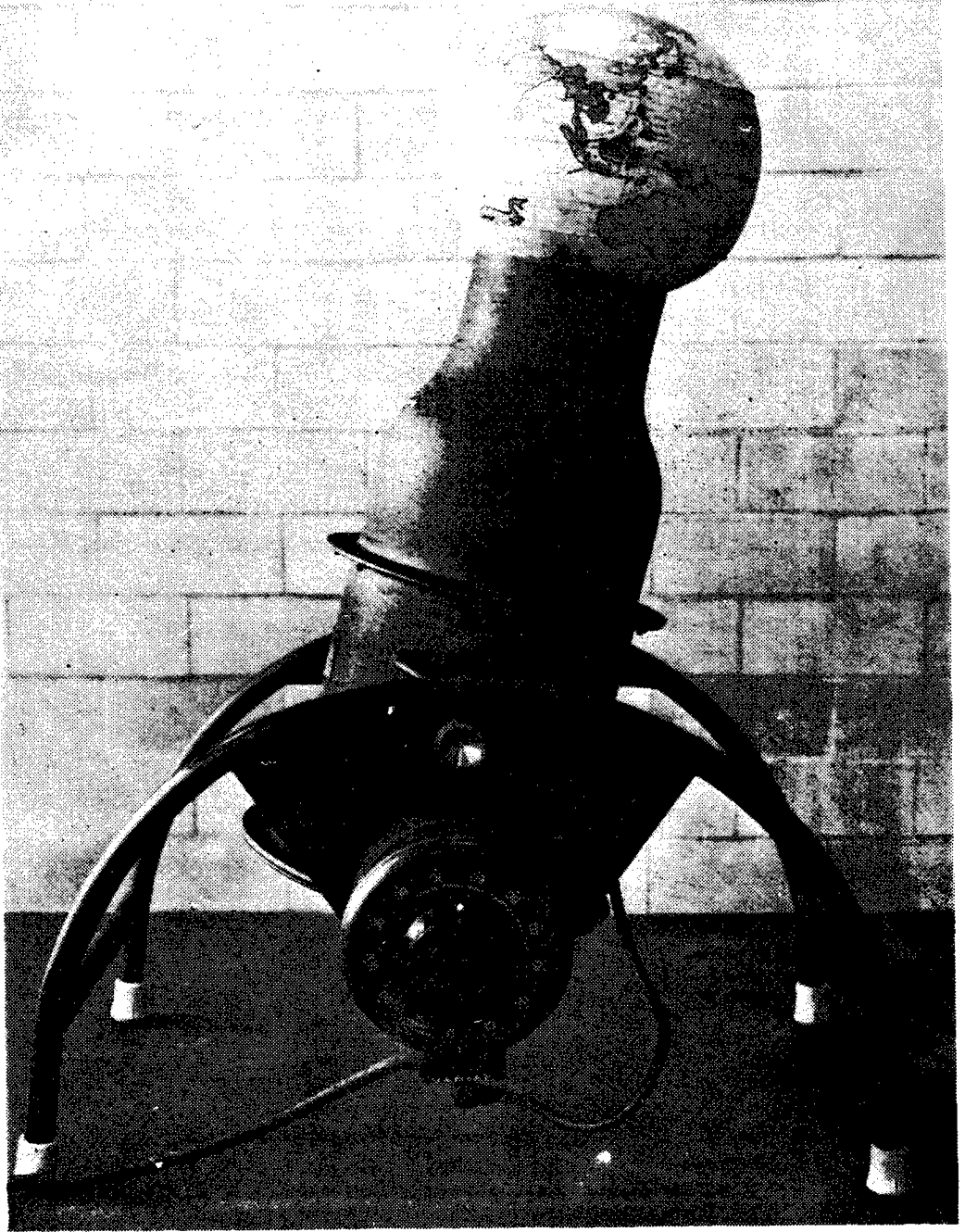
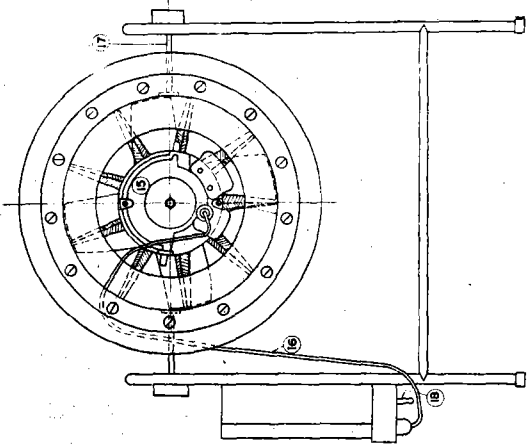
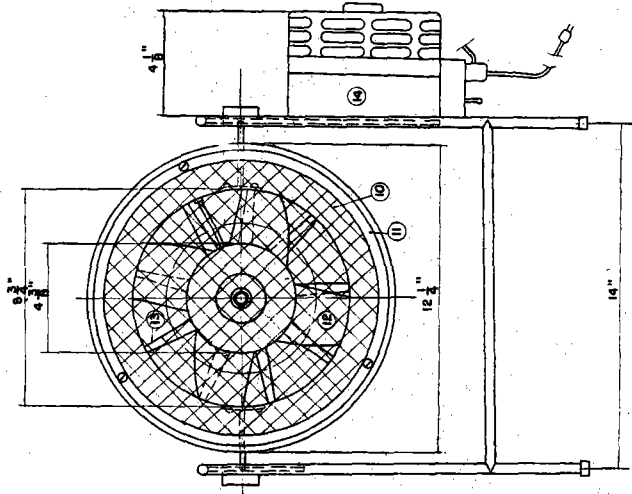
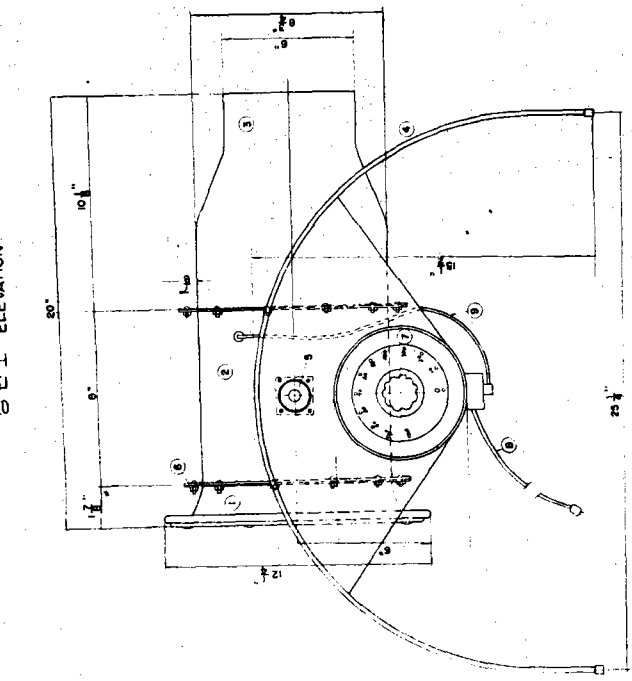


그림 5

좌측면도 LEFT-SIDE VIEW

우측면도 RIGHT-SIDE VIEW

정면도 ELEVATION



- ① 입구 Inlet
- ② 유도관 Housing
- ③ 출구 Outlet
- ④ 지지대 Support
- ⑤ 회전각조절볼트 Clamp
- ⑥ 접속판 Coupling
- ⑦ 변항기 Rheostat
- ⑧ 전선 Cord
- ⑨ 전선 Cord
- ⑩ 철사망 Wire Net

- ⑪ 철사망고정환 Iron Ring to Fix Net
- ⑫ 선풍의 날개 Vane of Fan
- ⑬ 유도관의 날개 Guide Vane
- ⑭ 변항기 Rheostat

- ⑮ 전동기 Electric Motor
- ⑯ 전선 Cord
- ⑰ 회전간 Pivot Rod
- ⑱ 스위치 Switch

方을 向하도록 하면 이번에는 反對쪽으로 돈다 이 區域은 다시 흐름이 斷續되는 곳이다 실다발을 平板뒤에 넣으면 흐름의 方向이 갈라지는 境界線을 찾을 수 있다. 이 點을 中心으로 실들은 左右로 갈라진다.

板後方の 眞空狀態를 고무공으로 實證할 수 있다. 한 圓形板뒤에 가벼운 공을 넣으면 공은 板에 吸着한다. 空氣流가 水平하더라도 固着된체로 었다.

2. 構造 및 用法 說明

그림 4, 5, 6, 7은 軸流扇風機의 構造와 用法을 圖示한다. 그림에서 보는 바와 같이 扇風機는 風扇, 誘導翼, 電動機, 變抗機, 誘導管 및 支持臺가 主要部分이다. 入口와 出口는 緣邊이 曲線으로 되어 있으며 入口에는 鐵糸網이 있다. 그리고 變抗機는 110 ohm 까지 있다. 즉 0에 다이알을 마치면 風扇은 돌지 않으며 110에 마치면 가장 빨리 回轉한다. 抗力實證用的 큰 공이 세개 필요하며 그외 가벼운 작은 공하나 두개의 핀 풍공, 길이 2m 가량의 木板, 그리고 장난감 푸로페러, 圓形板, 실다발 등이 所要된다.

軸流扇風機는 모두 金屬으로 되어 있으며 變抗機, 電動機 및 風扇은 購入해야 하며 入口, 出口, 入口의 鐵糸網, 支持臺, 其他는 材料를 求得하여 機械工의 힘을 빌려서 製作해야 한다.

그림 6은 軸流扇風機로 얻은 空氣流를 利用하여 管에 관한 實驗을 하는 경우에 있어서 管과 扇風機를 連結하는 方法을 圖示하고 있다.

Ⅰ. 結 論

流體力學이나 水理學에서 實驗을 하려면 實驗用流體를 豊富하고도 廉價로 얻을 수 있어야 하는데 軸流扇風機는 空氣流를 만들어 줌으로 그 目的에 適合한 裝置일 것이다.

공이나 장난감 푸로페러, 平板, 실 등 간단한 物件들과 軸流扇風機로 造成하는 空氣流로써 流體力學 또는 水理學의 여러가지 重要한 原理를 쉽게 實驗할 수 있다.

軸流扇風機에 連結할 수 있어서 扇風機에서 나오는 空氣流를 利用할 수 있는 다른 實驗裝置를 研究하고 考察 製作한다면 上記한 實驗外에도 다른 많은 實驗을 할 수 있을 것이다. 扇風機에 連結하는 實驗裝置들은 勿論 廉價인 材料로 製作하고 또 取扱이 간단해야 할 것이다.

參 考 文 獻

1. Addison, H., Hydraulic Measurements, Chapman and Hall Ltd., London, 1940.
2. Binder, R.C., Fluid Mechanics, Prentice-Hall Inc., New York, 1955.
3. Gibson, A.H., Hydraulics and Its Application, Constable and Company Ltd., 1954.
4. Rouse, H., Elementary Mechanics of Fluids, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1956.
5. Rouse & Howe, Basic Mechanics of Fluids, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1950.

(筆者 서울大學校農科大學副教授)

—會員諸位께 알리는 말씀—

本會會員으로서 職場을 移動하거나 또는 住所의 變更이 있을 때에는 곧 學會로 連絡하여 주시기 바랍니다.

連絡處 不明으로 會誌發送 其他連絡이 必要할 때 事務上 支障이 많습니다.

또 아직도 會費(年400원)를 納付하지 않으신 분은 普通口座(서울 韓一積善 58番)를 利用하시어 早速 納付토록 하여 주시기 바랍니다.