

〈論 文〉

물의 위치에너지를 이용하여 作動되는  
Cherepnov 揚水裝置에 관한 實驗 研究  
An Experimental Study on the Cherepnov Water Lifter Driven  
by the Potential Energy of the Water

李 庚 焄\*, 朴 成 天\*\*, 文 炳 錫\*\*\*

RHEE Kyoung Hoon, PARK Sung Chun and MOON Byoung Suk

**Abstract**□ This paper presents an experimental study on the Cherepnov water lifter that can pump or lift water without the use of external energy such as electricity. The energy used by the lifter is derived from the potential energy of the water itself. The lifter consists of three interconnected tanks, one of which is open and two others are hermetically sealed. The water level and the pressure in each tank were measured to improve the understanding of the behavior and the operational characteristics of the lifter. The effects of varying operating parameters such as the inflow rate, tank and pipe sizes, the relative positions of the tanks were analyzed. As a results, factors that can maximize the efficiency, shorten the cycle time and increase the delivery rate were identified.

**요 지** : 본 研究는 水理實驗을 통하여 電氣와 같은 외부적인 에너지의 사용없이 물을 揚水시킬수 있는 Cherepnov 揚水裝置에 대하여 研究하였다. 이 揚水裝置는 물 자체가 갖고 있는 位置에너지에 의하여 作動되며, 揚水裝置의 構造는 1개의 상단 開口部를 갖는 水槽와 2개의 밀폐된 水槽가 상호 連結된 형태로 이루어져 있다. 揚水裝置의 舉動과 作動特性을 조사 연구하기 위하여 水槽내의 水位와 壓力變化를 測定하였다. 揚水裝置에 流入되는 流入量, 水槽와 連結파이프의 크기, 水槽의 상대적 位置가 揚水裝置의 작동에 미치는 영향등을 分析하였다. 본 실험을 통하여 揚水裝置의 效率를 높이고, 作動週기를 짧게하며, 揚水되는 送水量을 늘리는 因子가 料明되었다.

## 1. 序 論

물을 揚水하는데 필요한 에너지는 管내에서 물의 흐름방향으로 압력경사(pressure gradient) 형태로 존재한다. 管의 内部에서 물이 進行하는 方向으로 높은 압력경사가 존재한다면, 곧이 펌프를 사용하지 않아도 물을 揚水할 수가 있다.

그림 1에서 보이는 기구는 펌프를 사용하지 않

고 送水水槽內에 높은 壓力을 발생시켜 물을 揚水할 수 있는 揚水裝置의 模型圖이다. 이 揚水裝置는 물자체가 갖고 있는 位置에너지(potential energy)를 이용하여 물의 진행방향으로 管내부에서 높은 압력경사를 유도하여 물을 양수시킨다.

揚水裝置의 내부를 통하여 물의 일부분을 현재 水位보다 低地帶로 排水시키고 나머지 물은 高地帶로 揚水시킨다. 揚水裝置의 作動시에는 물이 갖는 위치에너지를 동력원으로 사용하기 때문에 電氣와

\* 정회원, 전남대학교 공과대학 토목공학과 조교수

\*\* 정회원, 동신대학교 공과대학 환경공학과 전임강사

\*\*\* 정회원, 전남대학교 대학원 토목공학과 박사과정

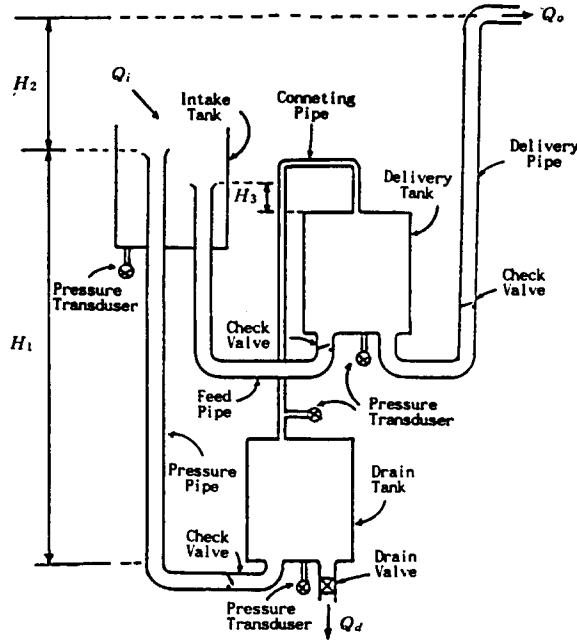


그림 1. 물의 위치에너지에 의하여 작동하는 Cherepnov 양수장치의 모형도

같은 外部에너지가 필요하지 않으며, 揚水裝置의 構造는 간단하여서 製造 및 관리가 용이하여 經濟的이다. 이 揚水裝置는 소련에서 처음 Cherepnov 揚水裝置로 개발되어 外部에 거의 알려지지 않고 있다가 비교적 최근에 미국에 소개 되었다. 이 揚水裝置에 관한 지금까지의 研究는 揚水裝置의 作動過程과 作動原理를 주로 解析的 方法으로 규명하고, 수두차가 작은 완만한 경사지역에 존재하는 많은 양의 물을 본 논문에서 소개되는 揚水裝置를 이용하여 높은 지역으로 양수하여 수두를 증진시킬수 있는 방안에 관한 연구를 수행하였다. 本 論文에서는 模型實驗을 통하여 이 揚水裝置의 作動過程의 特性을 이해하여 揚水裝置의 效率를 높이는 방안을 모색하고, 揚水裝置의 수학적 모델을 구현하는데 필요한 實驗的인 基礎資料를 확보하도록 하는데 두었다.

## 2. 揚水裝置의 作動原理

물 자체가 갖고있는 位置에너지를 동력원으로 하

여 作動되는 揚水裝置는 그림 1에서 보여 주는 圖面처럼 비교적 간단한 構造로 이루어져 있다. 이 揚水裝置는 管(pipe)으로 3개의 水槽(tank)를 서로 연결하고, 水槽를 연결하는 관에는 揚水裝置의 내부에 존재하는 물과 공기의 흐름을 일정한 방향으로 유도하기 위하여 몇개의 逆止瓣(check valve)이 부착되어 있다.

이 揚水裝置의 作動은 몇개의 과정이 주기적으로 반복하여 작동하는데, 하나의 주기를 이루는 과정을 설명하면 다음과 같다. 揚水하고자 하는 물의 水面(water level)이 流入水槽(intake tank)의 位置에 있다고 假定하면 초기과정에서는 물이 流入水槽로 부터 送水水槽(delivery tank)로 連結한 管(feed pipe)을 통하여 흘러 들어가 送水水槽를 채우기 시작한다.

送水水槽가 채워진 후에는 送水水槽로 흘러 들어가는 물의 流速은 정지하고, 물은 流入水槽와 排水水槽(drain tank)를 連結한 管(pressure pipe)을 통하여 流入水槽로 부터 排水水槽로 흘러가기 시작한다. 이때 排水水槽는 밀폐된 상태이며, 排水水槽

로 흘러 들어가는 물은 밀폐된 排水水槽 내에 존재하는 공기를 壓縮하고, 壓縮된 공기의 壓力은 排水水槽와 送水水槽의 상단부에 連結된 작은管(connecting pipe)을 통하여 送水水槽로 전달된다. 送水水槽에 전달된 壓縮된 공기의 壓力은 流入水槽와 送水水槽 사이에 설치된 逆止辨 때문에 送水水槽 내에 있는 물을 揚水시키는 방향으로 작용을 한다. 排水水槽가 물로 채워짐에 따라서 排水水槽내의 공기는 점 점 壓縮되고 압축됨에 따라서 양수시키는 방향으로 작용하는 送水水槽내의 壓力水頭가 점차 커진다. 壓縮된 공기압으로 인하여 발생하는 壓力水頭가 送水水槽내의 물을 揚水할 때 필요한 水頭(head)보다 더 커지면 送水水槽 내의 물은 送水水槽에 連結된 揚水管(delivery pipe)을 통하여 揚수가 시작된다. 揚수가 진행되어서 送水水槽내의 물이 전부 揚水될 무렵, 공기를 壓縮할 때 쓰였던 排水水槽는 거의 물로 채워지게 된다.

送水水槽의 물이 전부 揚水될 시점에 排水水槽도 물로 가득차게 된다. 이때 揚水裝置는 揚水行程이 끝나고 새로운 揚水行程을 준비하게 된다. 排水水槽내에 있는 물은 排水되기 시작하여 排水水槽가 공기로 다시 채워지기 시작하고, 送水水槽도 다음 揚水行程에서 揚水될 물이 送水水槽에 채워지기 시작한다. 送水水槽가 완전히 물로 채워지고 排水水槽내의 물이 완전히 빠져나간 다음 揚水裝置는 새로운 揚水過程이 준비된 상태이다. 이때 排水水槽에 물이 흘러 들어가서 공기를 壓縮하고 위에서 설명한 揚水過程이 반복하여 시작될 수 있게 된다. 本實驗研究에서는 그림 1에서와 같이 排水水槽 하단에 부착된 밸브를 開閉시켜 揚水過程을 調整하여 실험을 하였다.

### 3. 揚水裝置 模型

實驗에 사용된 揚水裝置의 模型은 그림 1에서와 같이 流入水槽(intake tank), 送水水槽(delivery tank), 排水水槽(drain tank)와 이들 水槽를 連結하는 管들과 逆止辨(check valve)으로 이루어져 있다. 水槽의 높이는 조정될 수 있도록 하고, 水槽와 水槽를 連結하는 管의 길이도 水槽의 높이 변화에 따른 길이의 여유를 고려하여 제작하였다.

#### 3.1 流入水槽

水槽내의 水位變化와 물흐름 경로를 可視的으로 확인할 수 있는 지름 28cm, 두께 1cm의 투명 아크릴 원통관을 33cm 길이로 절단하고, 원통관의 한쪽 단면만을 막아서 流入水槽를 제작 하였다. 원통관의 열린 단면을 水槽의 윗쪽으로 하여서 공기에 접하도록 하고 아래쪽 단면은 1cm 두께의 투명 아크릴판을 고무바킹, 실리콘, 보울트와 너트를 사용하여 아크릴 원통관에 부착하여 漏水되지 않도록 제작하였다.

流入水槽의 상단부는 水槽로 물이 공급되도록 管이 連結되어 있고, 水槽로 공급되는 물이 일정한 수위를 유지하도록 水槽의 側面 상단부에는 구멍을 뚫어서 과다하게 流入水槽에 공급되는 물은 排水되도록 하였다. 水槽의 하단부에는 流入水槽로 부터 送水水槽와 排水水槽에 각각 물을 供給하여 주는 給水管과 壓力管을 連結할 수 있도록 하였다.

#### 3.2 送水水槽와 排水水槽

送水水槽는 流入水槽와 마찬가지로 내경 28cm, 두께 1cm인 투명한 아크릴 원통관을 33cm 길이로 절단하여서 원통관의 양쪽단면을 1cm 두께의 아크릴 평판으로 부착하여 밀폐된 水槽로 제작되었다. 水槽의 하단부로 사용되는 원통관의 한쪽단면에 부착된 아크릴 평판에는 流入水槽의 하단부와 送水水槽의 하단부를 연결하는 급수관과 양수된 물을 送水시키는 送水管을 부착시키고, 送水水槽내의 壓力을 測定할 수 있는 압력변환기(pressure transducer)를 連結할 수 있도록 연결밸브를 부착시켰다. 또한 送水水槽의 상단부에 부착된 아크릴 평판에는 排水水槽로 부터 壓縮된 공기의 압력이 전달될 수 있는 내경 16mm의 連結管을 연결하도록 하였다. 排水水槽로 사용된 아크릴 원통관의 길이는 38cm로 하였으며, 排水水槽의 제작은 排水水槽의 구조가 送水水槽와 비슷한 관계로 위에서 설명한 送水水槽 제작방식에 따라 제작하였다. 排水水槽에도 水槽내의 압력을 측정할 수 있도록 압력변환기를 연결하였다.

### 3.3 連結管 및 逆流防止밸브

流入水槽, 送水水槽, 排水水槽를 서로 연결하여 주는 관은水槽간의 물의 흐름 상태를 可視的으로 확인할 수 있도록 반투명 비닐호스를 사용하였다. 사용된 管의 內徑은 20mm, 25mm, 35mm이며, 水槽의 높이 조정에 따른 管길이를 고려하여 적당한 길이로 잘라 사용 하였다. 流入水槽와 送水水槽를 연결하는 급수관과 양수되는 물을 送水하는 送水管에는 물이 양수되는 과정에서 역류되지 않도록 逆止辨을 부착하였다.

또한 排水水槽의 상단부와 送水水槽의 상단부를 연결하여 排水水槽내의 壓縮된 공기압을 送水水槽로 전달하여 주는 連結管은 내경 16mm 반투명 비닐호스를 사용하였으며 壓縮된 공기의 누출이 없도록 주의하였다.

### 4. 實驗 測定裝置

揚水裝置에서 측정되는 水槽내의 壓力과 수위의 변화는 시간에 따라 변하므로 액주계(Manometer)를 이용하여 정확하게 測定하기는 대단히 어렵다. 이처럼 시간에 따라 변하여 가는 壓力과 수위를 測定하기 위해서는 측정범위가  $\pm 0.2\text{kg}/\text{cm}^2$ 인 壓力 변환기를 각 水槽의 하단부에 설치한 후 壓力 변환기로 부터 얻은 Analog신호를 데이터 획득장치(Data Acquisition System)에 連結하여 실험 데이터를 확보하였다.

데이터 획득장치는 12 bits의 해상도를 갖는 Analog-to-Digital Convertor를 IBM AT 기종의 컴퓨터에 연결하여 사용하는 것으로서 입력범위는 0-5, 0-10,  $\pm 5$ ,  $\pm 10\text{volts}$  중에서 선택할 수 있으며, 신호당 有效한 最大 데이터 획득 속도는 4000 samples/sec, 16개 신호로 부터 동시에 실험자료를 확보할 수 있는 성능을 지니고 있다. 본 實驗을 수행하기 위하여 메뉴 선택방식으로 사용할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 Basic언어를 사용하고 계산수행능력과 데이터획득장치의 응답속도를 향상시키기 위하여 INTEL80287 math co-processor을 이용할 수 있도록 compile

하였다. 또한, 프로그램은 자료획득장치에 설정된 신호의 범위와 測定시간 간격에 따라 데이터를 測定 기록하며 測定된 데이터를 화면에 display할 뿐만 아니라 測定된 데이터를 分析하고 그 결과도 ASCII code로 出力하여 다른 소프트웨어와 데이터 互換性을 갖도록 하였다.

### 5. 實驗 進行方法

揚水裝置의 作動에 影響을 주는 流入量, 水槽와 水槽의 連結管의 크기, 水槽들 간의 相對的 높이 등을 조사하기 위하여 조건을 바꾸면서 流入量, 排水量, 送水量, 水槽내의 수위와 壓縮되는 空氣壓을 測定하여 시간에 대해서 變化量을 圖示하고 이들이 揚水裝置의 作動에 미치는 影響을 조사하고 揚水裝置의 效率를 높이는 방안을 고찰하였다.

壓力을 測定할때는 壓力 변환기는 정확도를 검증하고 나서, 각 水槽에 연결한 후 水槽의 초기압력을 測定하였다. 이때의 初期壓力은 水槽를 排水한 후 水槽내의 공기압이 대기압 상태일 때 測定하였다. 揚水裝置 作動시 測定되는 壓力은 初期狀態로부터 變化量으로 구하여지며, 送水水槽와 排水水槽의 水位는 水槽바닥에서 測定된 壓力에서 공기壓을 減하고 이를 水位로 환산하여 구한다. 그림 2는 送水水槽와 排水水槽내의 水位와 양정過程에 필요한 동력원으로 작용하는 공기壓과 排水水槽의 수위와 送水水槽의 水位를 측정하여 도시한 것으로 측정치가 주기적으로 시간에 따라 변하고 있음을 보여주고 있다. 공기壓을 나타내는 曲線의 임의의 最大値에서 다음 最大値까지의 시간이 揚水裝置의 作動週期이다. 또한 揚水裝置의 效率는 다음과 같이 定義하여 計算하였다.

$$\eta = \frac{V_2(H_1 + H_2)}{(V_2 + V_3)H_1}$$

위식에서  $V_2$ 는 揚水裝置가 作動하는 1 週期중에서 流入水槽로 부터 送水水槽를 통하여 양수되는 體積이며,  $V_3$ 는 流入水槽로 부터 排水水槽를 통하여 排水되는 體積이다.  $H_1$ 과  $H_2$ 는 각각 流入水槽내의 水位로 부터 물이 揚水裝置를 통하여 排水되

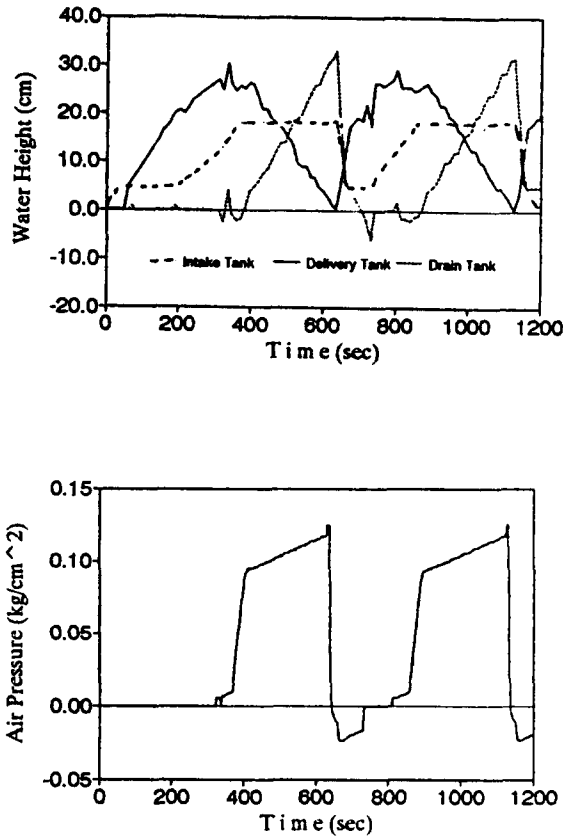


그림 2. 유입량  $Q_1$ =litter/hour일 때 수조내의 수위 및 공기압의 변화( $H_1=173\text{cm}$ ,  $H_2=133\text{cm}$ ,  $H_3=5\text{cm}$ ,  $D_T=28\text{cm}$ ,  $D_P=2.5\text{cm}$ )

고揚水되는 높이이다.

### 6. 實驗 結果

流入量이 揚水裝置의 作動에 미치는 影響을 조사하여 표 1에 정리하였다. 流入量은 流入水槽에 流入되는 流量으로서 본 實驗에서는 300, 500, 670 liter/hour를 사용하였다. 표 1에서 정리된 實驗結果를 살펴보면 流入量이 減少하면 揚水裝置效率이 3-5% 다소 增加하나 流入量의 變化는 揚水裝置의 效率에는 큰 影響을 미치지 않는 것으로 판단된다. 流入量의 증감은 揚水裝置의 作動週기에 影響을 많이 미친다. 流入量이 커지면 作動週期는 流入量과

반비례하여 짧아지고, 반면에 流入量이 줄어들면 作動週기는 길어진다. 예를 들면 流入量이 670 liter/hour 일때 週期는 264sec.이었으나 300 liter/hour 일때 週期는 524 sec.로 증가하였다.

다음은 水槽를 연결하는 관의 직경의 影響을 살펴보기로 하자. 流量이 일정한 경우에 관의 直徑이 작을수록 관의 摩擦水頭은 크고 관의 直徑이 클수록 摩擦水頭은 작다. 揚水裝置에서 연결管의 크기가 미치는 影響을 살펴기 위하여 直徑이 20, 25와 35mm인 반투명 비닐管을 사용하여 實驗하였다. Darcy-Weisbach 공식에서 알 수 있듯이 관의 마찰력에 의한 손실수두는 관의 내경의 5乘에 반비례하지만, 여기의 實驗結果를 보면 이러한 손실수두와 상관없이 揚水裝置의 效率에는 2-5% 이내의 變化가 있음을 알 수 있다. 본 揚水裝置의 動力源은 流入水槽로부터 排水水槽로 流入될 때 물이 갖는 물의 운동에너지로부터 추출되는 것이 아니고 물이 流入水槽로부터 流入水槽 하단에 설치된 排水水槽로 이동할 때 變化되는 位置에너지로부터 얻어지는 것을 보여준다. 따라서 連結管의 直徑이 아주 작아서 마찰손실수두가 큰관계로 연결관내의 흐름을 유지할 수 없는 경우를 제외하고는 送排水量이나 揚水裝置의 效率에 큰 影響을 미치지 않는다.

揚水裝置에 사용된 水槽의 크기가 미치는 影響을 조사하기 위하여 내부直徑이 다른 水槽를 사용하여 2개의 揚水裝置를 製作하여 實驗하였다. 사용된 水槽의 내부直徑은 28cm, 38cm의 2 가지이며 높이는 33cm로 정하였다. 표 3에 정리되어 있는 實驗結果처럼 水槽의 直徑이 28cm 일때나 38cm 일때 實驗結果치는 비슷하며 效率이 거의 같게 나타났으며, 水槽의 斷面이 變하여도 揚水裝置의 作動에 影響을 별로 주지 못한 것을 확인하였다. 따라서 揚水裝置의 斷面결정은 揚水容量과 揚水裝置의 設置條件등에 맞도록 결정하는 것이 바람직하다.

水槽의 높낮이 位置에 따라서 揚水裝置의 作動狀態가 變한다. 이를 조사하기 위하여 水槽의 높낮이 位置를 變化시키며 實驗測定한 후 표 4에 정리하였다. 물이 揚水裝置를 통하여 排水될 때와 揚水될 때의 變化되는 水位의 차가 각각  $H_1$ 과  $H_2$ 이다.  $H_3$ 는 流入水槽내의 壓力管 상단과 送水水槽 상단과의 높이차이를 나타낸다.  $H_3$ 가 陽數 ( $H_3 > 0$ )일 경

표 1. 流入量의 變化에 따른 揚水裝置 作動狀態

수조직경 (cm)	관직경 (mm)	유입량 $Q_1$ ( $\ell$ /h)	낙하높이 $H_1$ (cm)	양정높이 $H_2$ (cm)	송수용량 $V_2$ ( $\text{cm}^3$ )	배수용량 $V_3$ ( $\text{cm}^3$ )	효율 $\eta$ (%)	주기 sec
28	25	670	212.5	129.5	17733.6	23706.4	68.9	264
28	25	500	210	132	17733.6	22320.9	72.1	322
28	25	300	209	133	17795.2	21766.8	73.6	524
28	35	670	211.5	130.5	17329.4	23059.8	69.4	234
28	35	500	210	132	17329.4	22228.6	71.3	300
28	35	300	209.5	132.5	17329.4	21951.5	72.0	553

표 2. 連結管의 直徑에 따른 揚水裝置 作動狀態

수조직경 (cm)	관직경 (mm)	유입량 $Q_1$ ( $\ell$ /h)	낙하높이 $H_1$ (cm)	양정높이 $H_2$ (cm)	송수용량 $V_2$ ( $\text{cm}^3$ )	배수용량 $V_3$ ( $\text{cm}^3$ )	효율 $\eta$ (%)	주기 sec
28	20	670	172	90	14821.2	25461.2	56.0	316
28	25	670	172	90	16809.9	27739.5	57.5	316
28	35	670	172	90	16645.3	27524.1	57.4	270
38	25	670	172	90	27818.2	48738.9	55.2	508
28	20	670	222	90	18127.5	29155.7	53.9	304
28	25	670	210	102	18226.2	22320.9	66.8	244
28	35	670	210	102	18127.5	22228.6	66.7	228
38	25	670	213.5	99.5	33176.7	42240.4	64.5	474

표 3. 水槽크기(水槽直徑)의 變化에 따른 揚水裝置의 作動狀態

수조직경 (cm)	관직경 (mm)	유입량 $Q_1$ ( $\ell$ /h)	낙하높이 $H_1$ (cm)	양정높이 $H_2$ (cm)	송수용량 $V_2$ ( $\text{cm}^3$ )	배수용량 $V_3$ ( $\text{cm}^3$ )	효율 $\eta$ (%)	주기 sec
28	25	670	212.5	129.5	17733.6	23706.4	68.9	264
28	25	670	210	102	18226.2	22320.9	66.8	244
28	25	670	209	73	18718.8	21766.6	62.4	272
38	25	670	213	130	31922.6	41727.3	67.8	450
38	25	670	213.5	99.5	33176.7	42240.4	64.5	474
38	25	670	211	72	34316.8	39675	62.5	466

우는 壓力管의 상단이 送水水槽의 상부에 位置함을 나타내며  $H_3$ 가 陰數 ( $H_3 < 0$ )일때는 壓力管의 상단이 送水水槽보다 하부에 位置함을 나타낸다. 먼저  $H_3$ 가 변함에 따라 揚水裝置의 影響을 살펴보면  $H_3$ 가 -5cm일때나 15cm 일때보다 5cm 일때 揚水裝置가 바람직하게 운용됨을 확인할 수 있다. 揚水過程상 流入水槽에서 給水管(feed pipe)을 통하여 送水水槽가 채워진후 壓力管(pressure pipe)을 통하여 排水水槽가 채워진다. 여기서  $H_3$ 가 5cm란 다시 말하면 送水水槽가 채워지면서 流入水槽내의

水位가 상승하여 排水水槽로 물이 流入되기 直前인 壓力管의 상단에 이를때 流入水槽내의水位와 送水水槽 상단과의 차이가 5cm 임을 말한다. 만일  $H_3$ 가 5cm로 고정되어 있고 給水管을 통하여 流入水槽에서 送水水槽에 이르는 損失水頭가 5cm라고 한다면 流入水槽내의水位가 壓力管의 상단에 이를때는 送水水槽가 완전히 물로 채워진 시점이며 이의 연속된 過程으로 물은 壓力管을 통하여 排水水槽로 流入되면서 送水시킬 수 있는 공기압을 높인다. 본 實驗에 사용된 揚水裝置에서는 流入水槽에서 給水

표 4. 水槽의 높낮이 變化에 따른 揚水裝置의 作動狀態

수조직경 (cm)	관직경 (mm)	유입량 $Q_1$ ( $\ell/h$ )	낙하높이 $H_1$ (cm)	양정높이 $H_2$ (cm)	상대높이 $H_3$ (cm)	송수용량 $V_2$ ( $cm^3$ )	배수용량 $V_3$ ( $cm^3$ )	효율 $\eta$ (%)	주기 sec
28	20	670	222	120	-5	16873.4	28971	56.	354
28	20	670	222	120	5	17557.4	28971	58.1	300
28	20	670	222	120	15	17443.4	28971	57.9	332
28	25	670	211	131	-5	12869.2	18995.9	65.5	208
28	25	670	212.5	129.5	5	17733.6	23706.4	68.9	264
28	25	670	218.3	123.7	15	17733.6	26920.6	62.2	284
28	35	670	210.8	131.2	-5	15163.2	21378.9	67.3	202
28	35	670	211.5	130.5	5	17329.4	23059.8	69.4	234
28	35	670	214	128	15	17557.4	24445.3	66.8	242
38	25	670	217	126	-5	25538.1	42525.4	59.3	444
38	25	670	213	130	5	31922.6	41727.3	67.8	450
38	25	670	223	120	15	31238.1	53484.3	56.7	510

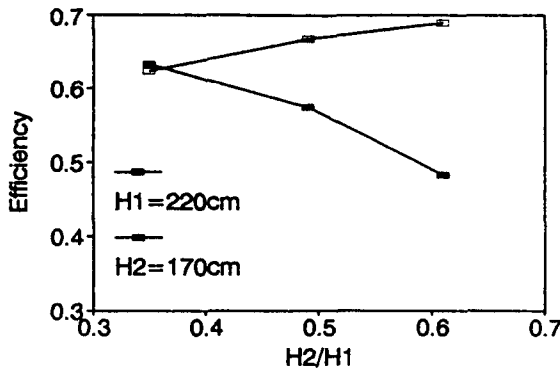


그림 3.  $H_2/H_1$ 에 대한 효율  $\eta$ 의 변화( $Q_1=670 \ell/h$ ,  $H_3=5cm$ ,  $D_T=28cm$ ,  $D_P=2.5cm$ )

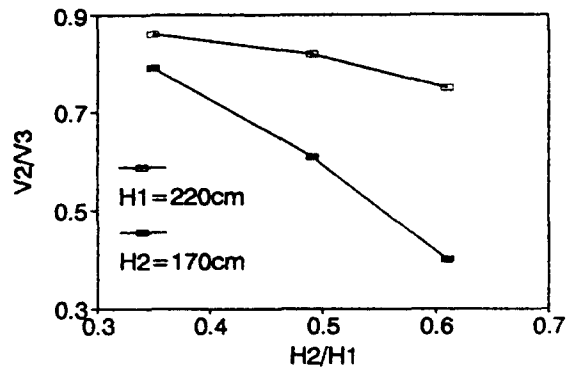


그림 4.  $H_2/H_1$ 에 대한  $V_2/V_3$ 의 변화( $Q_1=670 \ell/h$ ,  $H_3=5cm$ ,  $D_T=28cm$ ,  $D_P=2.5cm$ )

관을 통하여 送水管에 통하는 損失水頭는 약 5cm 이다. 따라서 본 實驗에서  $H_3$ 가 5cm로 조정된 상태에서는 送水水槽가 완전하게 채워진 직후 양정過程에 필요한 공기壓力이 增加되므로  $H_3$ 가 5cm일때  $H_3$ 가 -5cm일때나 15cm일때 보다 揚水裝置의 效率가 3-9% 높게 나타났다. 따라서 排水水槽내의 壓力管의 상단과 送水水槽의 상단과의 차이는 排水水槽내에서 送水水槽에 이르는 損失水頭의 합과 같게 設置함이 바람직하다.

다음에는  $H_3$ 를 5cm로 고정하고 나서 排水높이,

$H_1$ 과 양정높이,  $H_2$ 를 조정하면서 實驗하였다. 표 4와 그림 3, 4를 살펴보면  $H_1$ 이 170cm 근방일 때  $H_2$ 가 클수록 送水容量은 작아지고 揚水裝置 效率는 增加함을 알 수 있다. 즉,  $H_1$ 이 170cm 정도이며  $H_2$ 가 60cm에서 210cm로 변할 때 揚水裝置效率는 약 53-63% 근방에서 41-49%로 減少된다. 반면에  $H_1$ 가 210cm 근방일 때  $H_2$ 가 60cm에서 120cm로 변할때 揚水裝置 效率는 약 50-63%에서 58-70%로 增加된다. 이 사항은 서로 상반된 사실로 排水높이  $H_1$ 이 양정높이  $H_2$ 에 대하여 最適條件

이 되는 높이가 存在함을 의미한다. 또한  $H_1$ 이 160-170cm 일때와 210-220cm 일때를 比較하면  $H_1$ 이 210-220cm일때 揚水裝置效率이 더 크며  $H_2$ 의 變化에 따른 揚水裝置效率의 變化폭이 작음을 알 수 있다.

## 7. 結 論

물의 位置에너지 變化에 의하여 作動되는 揚水裝置의 水理模型 實驗을 통하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 揚水裝置의 動力원은 流入水槽로 부터 排水水槽로 流入될 때 물이 갖는 운동에너지가 아니라 변화된 위치에너지이므로 揚水裝置를 구성하는 水槽 直徑과 連結管의 크기가 揚水裝置의 效率에 미치는 影響은 미소하여 影響의 범위도 5% 미만이다.

2. 流入量  $Q$ 가 작아질수록 揚水裝置의 效率은 10% 이내에서 증가하며, 揚水裝置의 작동주기는 流入량의 증가에 반비례하여 증가한다.

3. 낙하높이  $H_1$ 이 클수록 양수높이  $H_2$ 의 變化에 따른 揚水裝置 效率의 變化폭이 작고, 排水量도 작아진다. 또한 流入水槽의 압력관 상단과 送水水槽 상단의 높이는 流入水槽내의 壓力管 入口에서 送水水槽에 이르는 損失水頭의 합과 같게함이 이상적이다.

4. 일정한 낙하높이  $H_1$ 에 대하여 揚水裝置 效率을 極大化하는 양정높이  $H_2$ 가 존재한다.  $H_1$ 과  $H_2$ 의 상관 관계가 揚水裝置 效率에 미치는 影響을 밝히는 研究가 필요하다.

5. 揚水裝置의 作動에 影響을 주는 주요한 因子의 결정은 揚水裝置 效率과 作動週期の 兩面性을 檢討하여 결정는 것이 바람직하다.

## 감사의 말씀

본 研究는 한국학술진흥재단의 “1990-91년도 자유공모과제 학술조성비 지원사업”에 의하여 이루어진 것으로 관계기관에 감사드린다.

## 참 고 문 헌

1. Arnovich, G.V., and Shtaerman, E.Y., “On the Theory of the Cherepnov Water Lifter,” Mekhnika Zhidhosti i Gaze, Vol.1, No.1, an.-Feb. 1966, pp.176-178.
2. BHRA, “Design and Operation of Siphons and Siphon Spill Ways,” Conference Proceeding, British Hydraulic Research Association, London, England, 1975.
3. Chow, V.T., Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill Book Co., New York, 1989.
4. Liu, H. and Fessehaye, M., “A Theoretical and Experimental Investigation of the Cherepnov Water-Lifter, A Report for the U. S. DOE Contact No. DE-FC07-80ID-12206, University of Missouri, January 1983.
5. Liu, H. and Geekie, R., “The Economics of Cherepnov Water Lifter for Low Head Hydropower,” A Report for the U.S. DOE Contact No. DE-FC07-80ID-1226, University of Missouri, January 1983.
6. Fessehaye, M., “Theoretical and Experimental Investigation on the Hydraulics of Cherepnov Water Lifters”, Ph.D. Dissertation, University of Missouri, 1982, 231 pages.
7. 이관수, 이경훈, 박성천, “位置에너지를 이용한 揚水機의 特性에 관한 實驗的 研究”, 대한토목학회 학술발표회논문집, 1991, pp.419-422.
8. 이관수, 이경훈, 박성천, “Siphon을 이용한 Cherepnov送水機의 特性에 관한 實驗的 研究”, 전남대학교 공업기술연구소지 제 35 집, 1993, pp.99-108.

(접수 : 11월 14일)