

分岐管의 自動制御를 통한 潮汐水槽의 設計 Design of Tidal Basin Using Automatically Controlled Manifold System

全仁植* · 吳榮敏* · 李達秀*

In Sik Chun*, Young Min Oh* and Dal Soo Lee*

要 旨 : 實驗室 水槽에서 潮汐 및 潮流를 발생시키기 위해서는 水槽內에 흐름의 噴出部와 吸入部를 적절히 설치해야 한다. 分岐管은 管水路 측면에 설치된 多數의 구멍을 통하여 管內·外 壓力差에 의해 물을 噴出 또는 吸入하는 장치이다. 수조 幅에 따라 均等한 단위폭당 流量을 발생시키기 위해서는 각 구멍의 크기를 적절히 결정해야 하며 이를 위해서는 供給流量, 供給水頭, 水頭損失, 구멍에서의 噴出 및 吸入流量 등의 水理特性을 파악하여야 한다. 本 研究에서는 에너지 방정식과 連續方程式으로부터 비롯되는 非線形 聯立方程式을 구성하고 Newton 해법을 적용하여 噴出 및 吸入分岐管의 수리특성을 파악하였다. 아울러, 自動制御 밸브가 附着된 分岐管이 수조폭에 걸쳐 일정한 流量을 유지해야 하는 潮汐水槽에 효과적으로 사용될 수 있음을 확인하였다.

Abstract □ The manifold designates a pipe system discharging or absorbing water through multiple holes installed along the finite length of the pipe. The proper design of the manifold requires the pre-analysis of the hydraulic characteristics such as system head and flow rate, head loss and hole discharges, etc. On the contrary to the general pipe systems, the head loss along the pipe is hardly quantified in an explicit way since it is complicatedly varied by the size and arrangement of the holes. In the present study, both energy and continuity equations are employed to analyze the hydraulic characteristics, constituting nonlinear simultaneous equations which are solved by Newton method. In addition, a hydraulic experiment utilizing the manifold system equipped with an automatically controlled valve is performed to reproduce model tide. The result shows that the manifold system can be effectively used in a tidal basin where water flow should be maintained uniformly over the basin width.

1. 緒 論

실험실 水槽에 潮汐 및 潮流를 발생시키기 위해서는 수조내에 흐름의 噴出部와 吸入部를 적절히 설치해야 한다. 噴出部는 일반적으로 管水路를 통하여 恒水頭 박스 또는 펌프로 연결되며, 吸入部 역시 관수로를 통하여 吸入水를 자연낙하시키거나 또는 펌프를 통하여 순환시키기도 한다. 수조내에 발생하는 흐름은 自由水面을 갖는 일종의 開水路 흐름이며 潮汐을 적절히 模擬하기 위해서는 연결 관수로와의 接合에 상당한 주의를 요한다. 즉, 분출부와 흡입부 공히 수조폭에 따라 단위폭당 均等한 流量이 확보될 수 있도록 설치되어야 하며, 均등하지 않을 경우에는 2차원적인

흐름 및 순환이 발생하는 수가 있다. 흔히 2차원 開水路에서는 관수로 噴出 흐름을 횡방향으로 均등하게 분산시키기 위하여 수조 밑에 흐름 분산박스를 설치하는 수가 많다. 이 경우 분산박스는 관수로로부터의 강한 亂流를 억제시키기도 한다. 韓國海洋研究所(1990)에서는 이와 같은 분산박스를 이용하고 噴出部와 吸入部를 단일 펌프로 연결하는 閉鎖性 回路를 구성하여 수조에 흐름을 발생시키는 2차원 파랑-흐름 複合水槽를 건설한 바 있다.

2차원 수조의 경우, 흐름분산 박스를 수조 밑에 설치하는 것은 비교적 양호한 흐름발생 성능을 제공하지만 수조 밑에 공간이 확보되어야 하기 때문에 水槽가 필요이상 높아지는 수가 있다. 3차원 수조의

*韓國海洋研究所 海洋工學研究部 (Ocean Engineering Division, Korea Ocean Research and Development Institute, P.O. Box 29, Ansan 425-600, Korea)

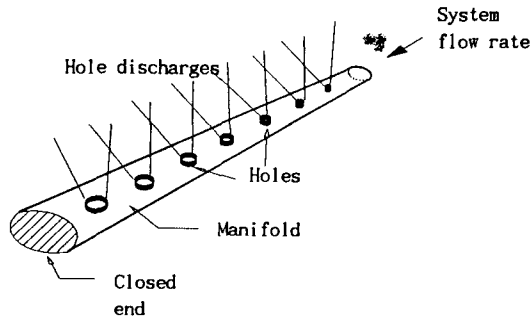


Fig. 1. Definition sketch of a manifold system.

경우에도 수조의 연직방향으로 흐름을 공급 또는 흡수하게 되면 수조 밑에 地下貯水槽 및 揚水 시스템을 設置해야 한다(Hudson, et al., 1979). 이와 같은 설치는 종종 실험실 공간의 제약에 따라 不可한 경우가 많으며 다른 방법을 강구할 필요가 있다. 2차원 수조의 경우에는 수조측벽에 管路를 연결하여 흐름의 噴出 또는 吸入을 시도하는 수가 있다(Hydraulics Research Station, 1978). 이 경우에는 관수로의 끝을 閉鎖하고 수조내의 관수로 부분에 수조 쪽에 걸쳐 多數의 구멍을 설치하여 흐름을 분출 또는 흡입해야 하며 수조 쪽에 따라 균등한 단위폭당 유량을 생성시키기 위해서는 각 구멍의 크기를 적절히 결정해야 한다. 이와 같은 관수로는 Fig. 1에 나타나 있는 일종의 分岐管(manifold) 형태이며 廢水의 海洋投棄 등에 사용되기도 한다(Liseth, 1976). 이와 같은 분기관은 3차원 平面水槽에서 潮汐 및 潮流를 재현하기 위하여 효과적으로 사용할 수 있으며 수조내 水深의 시간적 변화는 噴出量과 吸入量을 相對的으로 조절하여 달성할 수 있다.

分岐管의 수리특성은 구멍의 설치방법에 따라서 상당히 좌우되며 주어진 供給水頭下에서 원하는 시스템 유량을 확보하기 위해서는 구멍의 크기와 간격 등이 적절히 결정되어야 한다. 여기서, 분출부에서의 분기관은 噴出分岐管(dividing manifold), 흡입부에서의 분기관은 吸入分岐管(combining manifold)이라 칭하기로 한다. 본 연구에서는 水頭損失係數가 일반적으로 거지지 않는 분기관의 수리특성에 대한 해석을 하였다. 그 결과를 이용하여 분기관을 제작, 소위 1차원 실험실 설치하여 분기관에 自動 연속제

御하는 수리실험을 수행하여 그 결과를 제시하였다.

2. 分岐管의 수리특성

噴出量과 吸入量의 조절은 分岐管에 연결된 펌프의 성능 또는 恒水頭 박스의 供給水頭를 변화시킴으로써 가능하다. 이를 위해서는 분기관과 연결관수로를 포함하는 전체 管路 시스템의 供給水頭 H_0 와 시스템 유량 Q 간의 관계를 먼저 파악하여야 한다. 일반적인 관수로 해석에서 H_0-Q 의 관계는 관수로내에서의 마찰손실과 수로중 설치되는 밸브를 포함하는 각종 부속물에서의 附隨損失係數(minor loss coefficient)를 이용하여 결정한다. 그러나, 실질적인 관수로 해석에서는 수두손실계수가 명확히 주어지지 않는 경우가 많으며 대표적인 경우가 수로내에 오리피스를 설치하는 경우이다. 分岐管에서 각 구멍으로부터의 흐름은 일종의 오리피스 흐름으로 볼 수 있으며 각 오리피스가 서로 인접하여 상호 영향을 주기 때문에 분기관에서 발생하는 수두손실계수를 명확히 제시하는 것은 거의 불가능하다.

分岐管은 오리피스를 管内에 여러개 설치한 경우와 같으며 H_0-Q 의 관계는 일종의 반복계산을 통하여 결정하여야 한다. 여기서, 분기관의 형태는 수조내에만 구멍을 설치하는 것으로 하고 분기관의 끝은 막혀 있는 것으로 한다.

2.1 噴出分岐管

Fig. 2는 본 해석에서 대상으로 하고 있는 噴出分岐管의 형태를 보여준다. 공급수두가 H_0 인 恒水頭 박스에 관경 D_A 인 길이 L_A 의 파이프가 연결되어 있고 수조 부근에서 管徑 D_B 인 분기관이 연결되어 있다. 분기관에서는 j 번째 구멍에서의 壓力水頭를 H_j 로, $j-1$ 번째 구멍과 j 번째 구멍사이의 流速과 관길이를 각각 u_j 와 L_{j-1} 로 나타내었다. 또한, 각 구멍위치에서의 靜水壓 水頭는 H_b 로, 구멍으로부터 분출되는 흐름의 속도를 v_j 로 나타내었다.

恒水頭 박스와 첫번째 구멍간에 에너지 방정식을 적용하면,

$$H_0 = H_1 + \left[1.0 + \left(f_A \frac{L_A}{D_1} + K_n \right) \left(\frac{D_B}{D_A} \right)^4 + f_B \frac{L_B}{D_B} \right] \frac{u_1^2}{2g} \quad (1)$$

와 같다. 式 (1)에 f_A 관 A와 B의 마

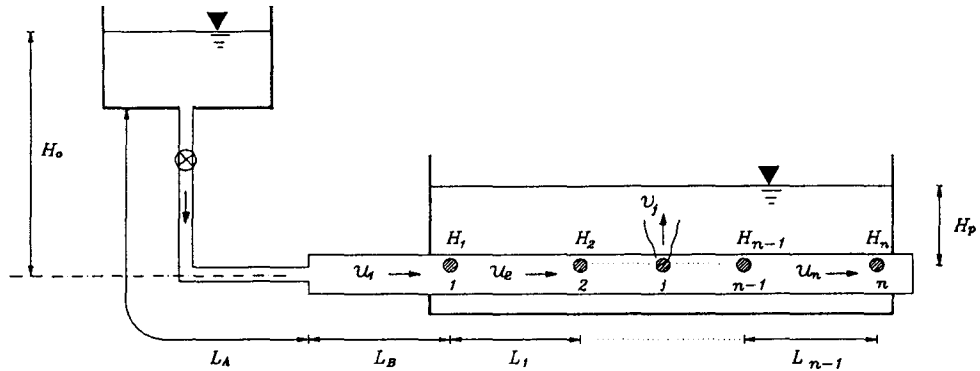


Fig. 2. Pipe system with a dividing manifold.

찰손실계수를, K_m 은 관 B에서 나타나는 附隨損失係數를 의미한다.

j 번째 구멍과 $j+1$ 번째 구멍간에 에너지 방정식을 적용하면,

$$H_{j+1} - H_j = \frac{(u_j^2 - u_{j+1}^2)}{2g} - f_j \frac{L_j}{D_B} \frac{u_{j+1}^2}{2g} \quad ; j=1, 2, \dots, n-1 \quad (2)$$

와 같다. f_j 는 j 번째 분기관 구간에서의 마찰손실계수이다.

j 번째 구멍과 $j+1$ 번째 구멍사이에 연속방정식을 적용하면,

$$A_B u_{j+1} = A_B u_j - a_j C_j \sqrt{2g(H_j - H_p)} \quad ; j=1, 2, \dots, n-1 \quad (3)$$

이다. 여기서, A_B 는 관 B의 단면적이며, a_j 는 j 번째 구멍의 단면적이다. 식 (3)에서 계수 C_j 는 j 번째 구멍의 流出係數이며 구멍 差壓과 관내 接近流速의 함수로 제시되어 있다(Blevins, 1984).

$j=n$ 일 때는 관의 끝이 막혀 있으므로

$$A_B u_n = a_n C_n \sqrt{2g(H_n - H_p)} \quad (4)$$

의 관계식을 얻을 수 있다.

미지수는 u_j 와 H_j 가 각각 n 개로 도합 $2n$ 개이며, 식 (1)~(4)로 구성되는 $2n$ 개의 非線形 연립방정식을 풀어 결정할 수 있다. Newton 방법(Burden and Faires, 1985)을 이용하기 위하여 비선형 연립방정식을 미지수 u_j 와 H_j 의 함수 형태로 나타내면

$$F_k(u_1, u_2, \dots, H_n) = 0$$

$$; k=1, 2, 3, \dots, 2n \quad (5)$$

와 같다. Newton 방법의 반복계산에서 미지수의 i 번째 계산결과는 $i-1$ 번째 계산결과를 이용하여 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{matrix} u_1 & u_1 & F_1 \\ u_2 & u_2 & F_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ u_n & u_n & F_n \\ H_1 & H_1 & -[J_{k,l}]_{i-1}^{-1} F_{n+1} \\ H_2 & H_2 & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ H_n & H_n & F_{2n} \end{matrix} \quad (6)$$

식 (6)에서 $[J_{k,l}]$ 은 Jacobian matrix로 식 (1)~(4)를 이용하여 다음과 같이 결정할 수 있다.

$k=1$ 일때,

$$J_{1,1} = \frac{\partial F_1}{\partial u_1} = - \left[1.0 + \left(f_A \frac{L_A}{D_A} + K_m \right) \left(\frac{D_B}{D_A} \right)^4 + f_B \frac{L_B}{D_B} \right] \frac{u_1}{g} \quad (7)$$

$$J_{1,n+1} = \frac{\partial F_1}{\partial H_1} = -1.0 \quad (8)$$

$k=2, 3, \dots, n$ 일때,

$$J_{k,k-1} = \frac{\partial F_k}{\partial u_{k-1}} = \frac{u_{k-1}}{g} \quad (9)$$

$$J_{k,k} = \frac{\partial F_k}{\partial u_k} = \frac{u_k}{g} + f_{k-1} \frac{L_{k-1}}{D_B} \frac{u_k}{g} \quad (10)$$

$$J_{k,n+k-1} = \frac{\partial F_k}{\partial H_{k-1}} = -1.0 \quad (11)$$

$$J_{k,n+k} = \frac{\partial F_k}{\partial H_k} = 1.0 \quad (12)$$

$k = n+1, n+2, \dots, 2n-1$ 일때,

$$j_{k,k-n} = \frac{\partial F_k}{\partial u_{k-n}} = -A_B \quad (13)$$

$$j_{k,k-n+1} = \frac{\partial F_k}{\partial u_{k-n+1}} = A_B \quad (14)$$

$$J_{k,k} = \frac{\partial F_k}{\partial H_{k-n}} = \frac{a_{k-n} C_{k-n} g}{\sqrt{2g(H_{k-n} - H_p)}} \quad (15)$$

$k = 2n$ 일때,

$$J_{k,k-n} = \frac{\partial F_k}{\partial u_{k-n}} = A_B \quad (16)$$

$$J_{k,k} = \frac{\partial F_k}{\partial H_{k-n}} = \frac{a_{k-n} C_{k-n} g}{\sqrt{2g(H_{k-n} - H_p)}} \quad (17)$$

式 (7)~(17)에 규정되어 있지 않은 $J_{k,l}$ 는 모두 0으로 치환한다.

분출 분기관의 특성을 고찰하기 위하여 예제해석을 수행하였다. Newton 방법에 의한 반복계산은 初期值에 따라 발산하는 수가 있으므로 여기에서는 초기치로서 각 구멍에서의 $[H_j]_{j=1}$ 를 供水水頭 H_o 로 취하였으며 이에 따른 $[u_j]_{j=1}$ 는 式 (3)~(4)를 이용하여 계산하였다. 반복계산은 i 번째 해와 $i-1$ 번째 해를 계속 비교하여 그 차이가 임의의 허용치 이내에 들 때까지 수행하였다. 入力條件으로서 $L_A = 1.5$ m, $L_B = 0.5$ m, $D_A = 7.5$ cm, $D_B = 10.0$ cm, $H_p = 0.3$ m로 하였다. 밸브에서 발생하는 水頭損失과 기타 관의 彎曲部에서 발생하는 수두손실은 모두 附隨損失係數 K_m 으로 반영하였다. 管에서 발생하는 摩擦損失係數 f_A, f_B, f_j 등에 대해서는 모든 管의 粗도가 0.0015 mm라 가정하고 Moody's diagram에서 해당 곡선을 도출하여 事前 컴퓨터 프로그램에 입력한 다음 Newton방식의 반복계산에 사용하였다.

係數를 나타내었다.

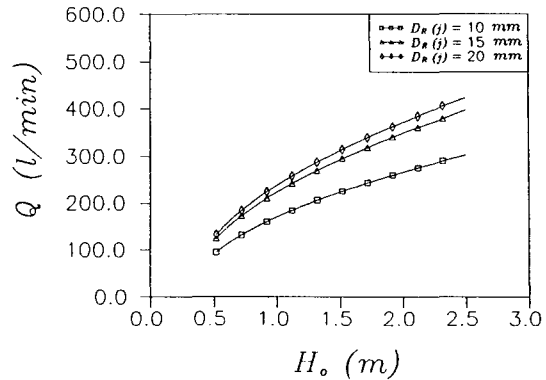


Fig. 3. Variation of system flow rate vs. reservoir head in the dividing manifold for various hole diameters.

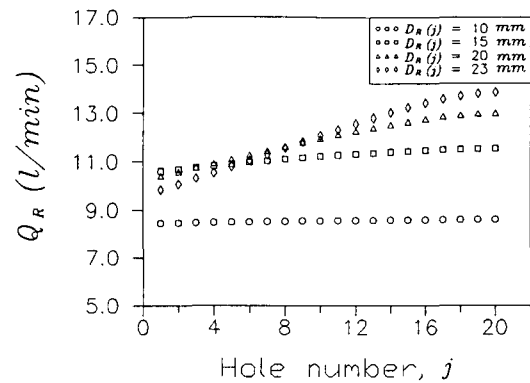


Fig. 4. Variation of hole discharges along the dividing manifold for various hole diameters ($n=20$).

반복계산시 수정하여 사용하였다. 첫째 구멍과 마지막 구멍간의 거리는 분출, 흡입 분기관 공히 3.6 m로 하였다.

Fig. 3은 $n=20$ 의 구멍갯수를 설정하고 $K_m=15.0$ 으로 하였을 때 구멍 직경의 변화에 따른 시스템유량 Q 와 供水水頭 H_o 의 관계를 보여준다. 여기서 각 구멍의 직경은 동일한 것으로 취하였다. 그림에서 알 수 있듯이 구멍의 직경에 관계없이 공급수두가 증가하면 시스템 유량이 증가하지만 유량의 증가율은 점차 감소한다. 또한, 구멍의 직경이 증가하면 시스템 유량이 증가하지만 그 증가율은 점차 감소함을 알 수 있다. 이와 같은 $Q-H_o$ 곡선은 供水水頭를 증가시키기 위해서 펌프를 사설할 경우 펌프의 特性曲線과 펌프의 揚程 및 轉速을 결정하기 위하여 효과

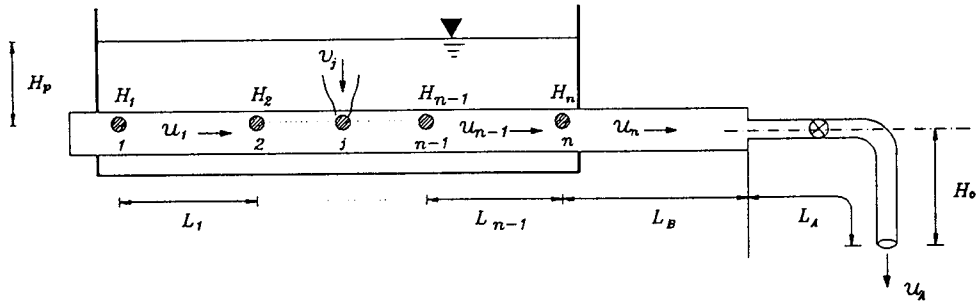


Fig. 5. Pipe system with a combining manifold.

적으로 이용할 수 있다.

Fig. 4는 供給水頭를 $H_0=1.0$ m로 하고 구멍의 직경을 변화시켰을 때 각 구멍으로 부터의 噴出流量, 즉 Q_R 의 변화를 보여준다. 구멍의 직경이 작을 때는 구멍의 갯수에 관계없이 관내 압력분포가 일정하며 직경이 증가할수록 下流쪽으로 압력이 증가하여 결국 분출유량이 증가함을 알 수 있다.

2.2 吸入分岐管

吸入分岐管은 噴出分岐管의 逆이며 그 형상을 Fig. 5와 같이 나타낼 수 있다. 여기에서는 수조내 물이 分岐管의 구멍을 통하여 분기관으로 흡입되며 供給水頭는 분기관에 연결된 직경 D_A 의 관수로 끝을 水槽의 水面보다 낮게 취하는 自由落下 방식으로 되어 있다. 해석방법은 분출분기관과 거의 동일하며 Fig. 5를 참조하여 다음과 같은 非線形 連립방정식으로 나타낼 수 있다.

$$H_2 - H_1 = -\frac{u_1^2}{2g} - f_1 \frac{L_1}{D_B} \frac{u_1^2}{2g} \quad (18)$$

$$H_{j+1} - H_j = \frac{(u_j^2 - u_{j+1}^2)}{2g} - f_j \frac{L_j}{D_B} \frac{u_j^2}{2g} \quad (19)$$

$; j=2, 3, \dots, n-1$

$$H_0 = -\frac{u_n^2}{2g} - H_n + \left[\left\{ 1.0 + f_A \frac{L_A}{D_A} + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{A_A}{A_B} \right) + K_m \right\} \left(\frac{D_B}{D_A} \right)^4 + f_B \frac{L_B}{D_B} \right] \frac{u_n^2}{2g} \quad (20)$$

$$A_B u_1 = a_1 \sqrt{2g(H_p - H_1)} \quad (21)$$

$$A_B u_j = A_B u_j + \frac{1}{2g} \frac{H_j}{L_j}$$

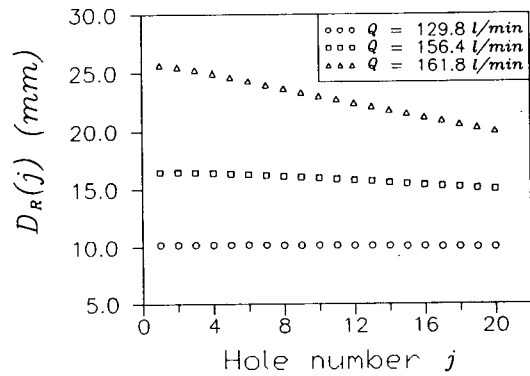


Fig. 6. Variation of hole diameters along the combining manifold for various system flow rate.

吸入分岐管에 대한 해석은 噴出分岐管과 거의 동일하기 때문에 여기에서는 구멍간 均一 吸入流量을 확보하기 위한 방안에 중점을 두어 고찰하였다. 입력조건으로는 $H_0=0.315$ m, $L_A=2.0$ m, $L_B=0.5$ m, $D_A=7.5$ cm, $D_B=10.0$ cm, $H_p=0.3$ m, $n=20$ 으로 하였다. 분기관내 압력분포는 下流쪽으로, 즉 吐出口 방향으로 감소 성향을 보이며 따라서 동일한 구멍직경에서 吸入流量은 하류쪽으로 증가한다. 따라서 분기관을 따라 균일한 구멍 흡수량을 확보하기 위해서는 구멍의 직경이 하류쪽으로 감소해야함을 알 수 있다. 반복계산을 통하여 전 구멍의 吸入流量을 最下端 구멍의 유량에 맞추고 각 구멍의 크기를 조정하면 Fig. 6과 같다. 시스템 유량이 증가할수록 구멍 크기의 勾配가 증가하며, 구멍의 크기가 작을수록 구멍크기의 분포가 均등해짐을 알 수 있다. Fig. 6에서의 $Q=156.4$ l/min에 대한 구멍직경 분포에 대해서 H_0 를 변화시키면 吸入流量이 어떻게 변하는지를 계산하여 그림 7에 나타내었다.

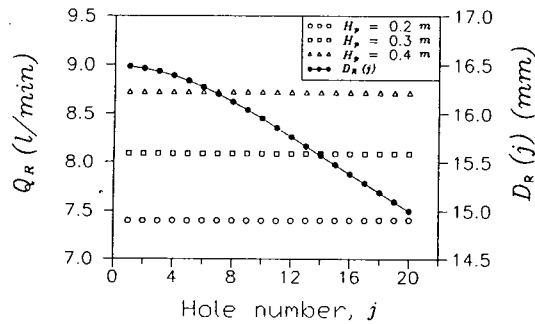


Fig. 7. Variation of hole discharges with the ambient pressure head in the basin varied in the combining manifold (hole diameters are fixed to give the equal hole discharges corresponding to system flow rate $Q=156.4\text{l/min.}$).

변화, 즉, 模型潮汐에 의한水槽内水深變化에 의해서 거의 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

3. 潮汐再現을 위한 水理實驗 및 結果분석

Fig. 8에 제시한 바와 같이 小型 3차원수조(4.6 × 3.7 × 0.4 m)를 제작하고 수조내에 噴出, 吸入分岐관을 설치하여 수조내 潮汐變化를 계측하였다. 두 분기관은 수조의 한 쪽끝에 위치시켰으며 분기관 구멍에서의 유속에 의한 水面變化를 최소화할 목적으로 분기관의 위치를 수조바닥보다 낮게 유지하였다. 분출분기관에 연결된 恒水頭 박스의 供給水頭 H_0 는 분기관 중심선을 기준으로 하여 1.8 m로 하였으며 시스템 유량 Q 는 밸브로 조작하였다. 흡입분기관은 $H_0 = 10\text{ cm}$ 이며 수조내 수심은 20 cm(분기관 구멍선을 기준으로 35 cm)로 유지하였다. 이와 같은 관수로의 형태는 밸브 등에서의 附隨損失係數의 불확실성을 감안하면 앞서 언급한 분기관 例題解析의 入力條件에서 크게 벗어나지 않음을 알 수 있다. 예제해석 결과를 참조로 하여 분기관의 噴出과 吸入을 수조쪽에 걸쳐 均等하게 발생시키기 위해서 분출분기관과 흡입분기관 공히 직경 100 mm인 PVC관에 각각 직경 1 cm인 20개의 구멍을 설치하였다.

噴出分기관의 시스템 유량은 본水槽의 크기에서 최대 2.4 min의水深變化率을 발생시킬 수 있도록 선정하였다. 흡입분기관의 최대 유량은 수조내 수심에 따라 결정된다.

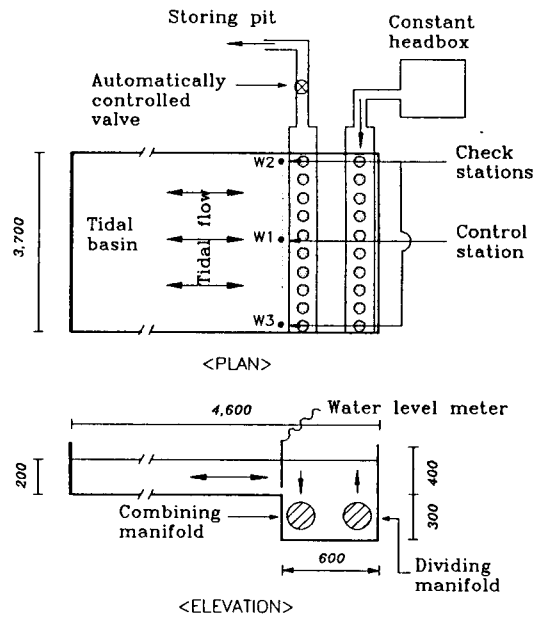


Fig. 8. Configuration of tidal basin and locations of water level meters.

/min)을 보이는 것으로 나타났다. 따라서, 模型潮汐의 潮差 및 週期는 발생하는 최대 수심변화율이 상기 2.4 mm/min 이내에 들도록 조정하여 사용하였다. 潮汐再現을 위한 水深의 連續的인 변화를 위해서 흡입분기관의 下流部에 自動制御밸브를 부착하였다. 이 밸브는 Butterfly형태로서 4~20 mA의 電流驅動方式이며 應答時間은 0~90° 회전에 대해 약 12초이다. 컴퓨터로 제어하기 위하여 전압시그널을 전류시그널로 바꾸어주는 變換機를 밸브에 부착하여 사용하였다. Fig. 9는 본 실험에 사용한 밸브 제어와 計測시스템을 보여준다. 事前에 컴퓨터에 입력된 模型潮汐 시그널과水槽에 설치된 基準水位計로 부터의 계측시그널을 연속적으로 비교하여 밸브의 開閉를 결정하며 개폐 시그널은 밸브에 입력되어 밸브를 驅動하게 된다. 水位計는 基準水位計를 吸入分岐管의 중앙에서 수조안쪽으로 10 cm 이격시켜 설치하였으며 수조쪽에 걸친 수심변화를 확인하기 위하여 별도의 수위계를 흡입분기관의 兩端에 각각 1개씩 역시 10 cm 간격으로 설치하였다. 입력시그널과 계측시그널의 데이터 讀取率은 공히 1 Hz로 하였다.

분기관의 각 구멍에서의 분출 또는 흡입유량의 균등 정도는 직접 계측이 곤란하여 肉眼 관찰에 국한하

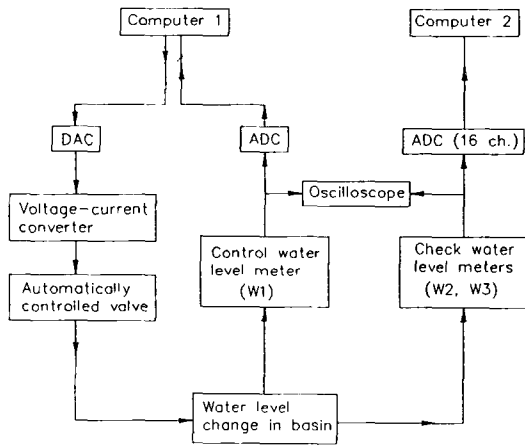


Fig. 9. Diagram of valve control feedback and data acquisition system.

였으며 분출분기관의 경우稼動初期에 각 구멍에서 발생하는上昇 제트류의 연직높이가 거의 동일함을 확인하였다. 이 균등 정도는 既 설치된 세개의水位計로부터의 시그널을 비교하여 간접적으로 확인할 수 있다. 分岐管部에서의 水面攪亂은 噴出分岐管上에서 제트류에 의한 약간의 교란이 발견되었을 뿐, 흡입 분기관 및水位計 위치에서는 거의 잔잔하였다. Fig. 10은 潮差가 3 cm이고 週期가 1시간인 模型潮汐을 수조에 再現한 결과이다. 계측시그널은 편의상 100 초에 한개씩 도시하였다. 基準水位計의 계측시그널은 거의 입력시그널에 일치하며 他 수위계의 계측시그널도 입력시그널에 매우 유사한 변화를 보임을 알 수 있다.

4. 結 論

管内에 오리피스가 설치되었거나 또는 이들 오리피스가 연속적으로 설치된 형태의 分岐管을 포함하는 管水路 시스템의 수리특성과파악을 위한 분석을 시도하였다. 이들 오리피스는 水頭損失係數가 명확히 주어지지 않으며 대신 오리피스의 流量係數 또는 速度係數가 오리피스의 특성을 반영하기 위하여 일반적으로 사용된다. 오리피스로 부터의 유량 또는 분기관 구멍에서의 噴出 또는 吸入流量은 구멍부 前後 差壓이 알려져 있는 상태에서 계산할 수 있다. 그러나, 그 차압은 오리피스를 포함하는 전체 관수로 시스템의

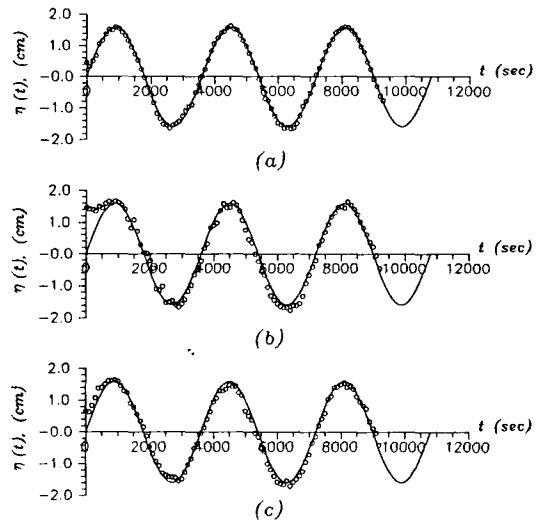


Fig. 10. Comparison of the time records of input tide and experimental data at three different stations (—: input, ○○○○: experiment); (a) station W1, (b) station W2, (c) station W3.

해석을 통하여 계산할 수 있으며 오리피스 자체 유량의 함수형태로 나타난다. 결국, 오리피스가 연속적으로 설치된 경우 또는 分岐管의 경우에는 연속방정식과 에너지방정식에서 비롯되는 非線形 연립방정식을 풀어 구멍에서의 差壓 및 관내 유속변화를 계산할 수 있다. 本 연구에서는 Newton방법을 이용하여 비선형 연립방정식을 풀어 噴出 및 吸入分岐管의 수리특성을 분석하였다.

이들 分岐管을 사용하여 水槽에 균일한 유속분포를 발생시키려면 구멍에서의 噴出 및 吸入流量이 균등하게 확보되어야 하며 이를 위해서는 분기관을 따라 구멍의 크기에 적절한 差等を 설정해야 한다. 분출 분기관은 下流쪽으로 압력이 증가하여 流量이 증가하는 반면, 흡입분기관의 경우는 압력이 감소하기 때문에 유량이 오히려 증가하는 성향을 보인다. 이러한 성향을 이용한 반복계산을 통하여 均等한 噴出 또는 吸入流量에 대한 구멍 직경의 분포를 계산하였다. 임의의 시스템 流量에 대한 구멍의 직경분포에 대해서 각 구멍의 분출 또는 흡입유량은 시스템의 供水水頭, 附隨損失과 수조내 靜水壓의 변화에도 불구하고 비교적 균등하게 유지되는 것으로 나타났다. 分岐管의 수리특성의 이론적 검토를 토 하여 분

吸入分岐관에 自動制御밸브를 부착하여 模型潮汐을 발생시켜 수조쪽에 걸친 水深變化를 計測함으로써, 이와 같은 噴出 및 吸入分岐관은 潮汐水槽에 매우 효과적으로 사용할 수 있음을 보였다.

謝 辭

本 研究는 韓國海洋研究所에서 1994년도 基本研究 事業 “항만내 해수 순환 특성 파악을 위한 평면 실험 연구” (PE00459)의 事業 추진중 小型 潮汐水槽의 건설에 관련된 結果의 일부를 收錄한 것입니다. 實驗에 協조하여 준 張世喆 君과 制御 및 計測 소프트웨어의 構成에 많은 도움을 준 高麗大學校 정보통신 학과 한경태 君에게 謝意를 表합니다.

參考文獻

- 韓國海洋研究所, 1990. 2차원 파랑-흐름 複合水槽의 建設 및 運用, BSPE 00166-276-2e
- Blevins, R.D., 1984. *Applied Fluid Dynamics Handbook*, Van Nostrand Reinhold Co. Inc., pp. 83-88.
- Burden, R.L., and Faires, J.D., 1985. *Numerical Analysis*, PWS Publisher, Wadsworth, Inc.
- Hudson, *et al.*, 1979. Coastal Hydraulic Model, Coastal Engineering Research Center, U.S. Army, Corps of Engineers, pp. 77-86.
- Hydraulics Research Station, Wallingford, U.K., 1978. Wave Scour Potential around Large Idealised Shapes, Offshore Energy Technology Board, Report OT-R78 26.
- Liseth, P., 1976. Wastewater disposal by submerged manifolds, *J. of the Hyd. Div.*, ASCE, **102**(1), pp. 1 -11.