

潮汐再現을 위한 수리실험 방법

오영민 (한국해양연구소 연안·항만공학연구센터 선임연구원)

1. 서론

우리나라의 연안역은 지금까지 선진국으로의 도약을 위한 경제개발 수행과정에서 임해공업단지 및 발전소 건설, 간척·매립사업의 추진, 연안어장 시설 등 많은 연안자원과 공간개발 등의 연안해역에서의 사회, 경제적 활동의 증가에 따른 해양오염이 가중되어 생태계 파괴, 수산자원의 상실, 자연경관의 훼손 등으로 사회적, 경제적, 환경적인 문제가 대두됨에 따라 연안환경에 대한 연구가 시급한 실정이다.

이러한 문제를 해결하기 위한 연구방법으로써 수리실험은 일반적으로 널리 쓰이고 있지만 국내에서는 이에 대한 인식부족과 공간확보 및 재원조달의 문제로 인하여 상당히 낙후되어 있는 실정이다. 수리실험은 비단 연안공학의 제문제 뿐만 아니라 수공학의 제분야에 널리 이용되고 있는데, 본 기사에서는 연안공학의 제문제 중 하나인 조석 지배적인 해역에서의 문제를 해결하기 위해서 조석재현을 위한 수리실험 방법에 대하여 본인이 환경부 사업인 마산만 수질개선 방안의 수립을 위한 수리모형실험에서 사용한 방법을 간략히 소개하고자 한다.

2. 조석재현방법

조석을 재현하기 위하여 가장 널리 쓰이는 방법은 위어(weir)를 이용하는 것인데 기계적인 장치가 필요하므로 비용이 많이 들기 때문에 여기서는 경비를 절약하기 위하여 수조바닥에 파이프를 설치하고 표면에 구멍을 뚫어서 給水와 排水를 하는 시스템을 채택하

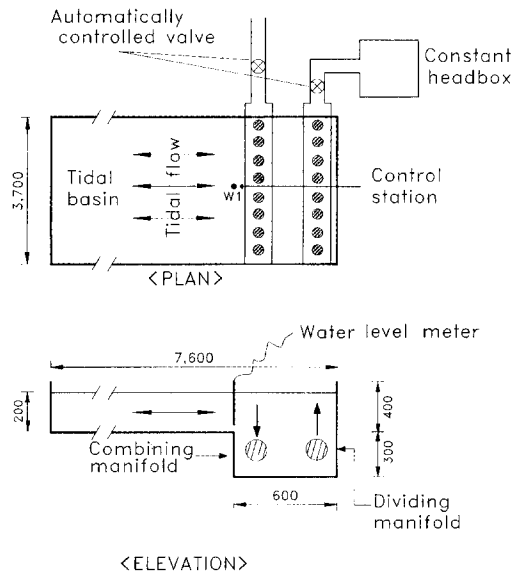


그림 1. 조석재현 시스템

였다. 이 시스템에 대한 이론적인 고찰은 전인식 등 (1994)이 실시하였으므로 여기서는 생략하고 조석의 재현을 위한 방법에 대해서만 기술하였다. 참고로 시스템의 개략도는 그림 1과 같다.

수조내에 물을 공급하기 위하여 용량 3톤 가량의 탱크에 물을 가득 채우고 이를 파이프를 통하여 공급하였다. 수위는 수면추적식 수위계에 의하여 감지되며 수위계에 기록된 매초의 수위기록으로부터 조위의 설정값과 비교하여 관측치와 설정치가 다르면 수위조절장치를 가동하여 일치하도록 하였다. 작동원리는 실험직전의 水位計의 계측치 또는 기준수위를 컴퓨터에 입력하고 실험도중 水位를 계속 계측하여 이를 기

준수위와 비교한 다음, 계측치가 기준치를 상회할 경우 컴퓨터가 자동으로 배수밸브만을 열고, 하회할 경우에는 반대로 급수밸브만을 열어 수위가 항상 기준수위를 유지하도록 하는 自動水位調節 방식을 이용하였다.

이 실험수조의 장점은 저렴한 비용으로 조석발생실험이 가능하다는 것인데 약간의 공간만 확보되면 간단히 제작할 수 있으리라 생각된다. 참고로 본 수조는 실험구간의 크기가 3.7 m × 7.0 m 이며, 외부는 임시 가건물 형태의 돛식 천막 구조로써 6.0 m × 14.0 m 이다. 사진촬영을 위하여 천정의 높이는 최대한으로 높이면서 풍하중에 대하여 안전하도록 중앙부분을 5.0 m로 하였다.

3. 조석제어장치

가. 수위계

조석을 정확히 재현하기 위해서는 수위를 정확히 측정할 수 있는 수위계의 확보가 절대적이다. 이러한 수위계의 형태에는 크게 水壓式과 水面追跡式이 있는데 전자는 수면변화가 큰 실험에, 후자는 수면변화가 미세한 실험에 적합하다. 따라서, 본 실험에서와 같이 조차가 1 cm 미만의 실험에서는 수면추적식 수위계를 이용해야 정확한 조석재현이 가능하다. 그러나, 기존의 수위계는 가격이 1,000 만원 이상의 고가 수입품이기 때문에 부품만 구입하여 자체 제작하기로 하였다.

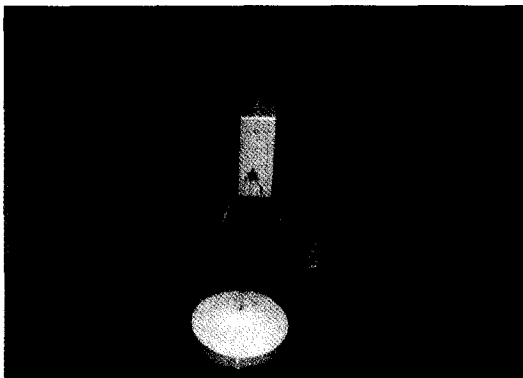


사진 1. 수위계

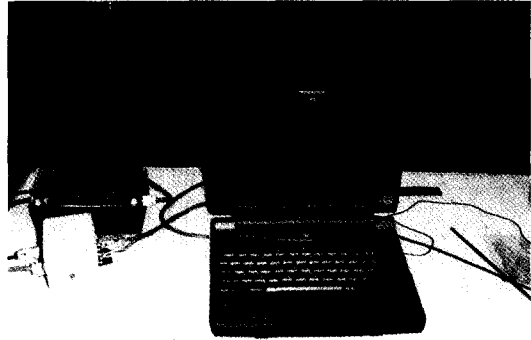


사진 2. 수위제어 시스템

여기서 변위측정용 센서는 변위를 축의 회전으로 바꾸어주는 encoder로써, 회전축의 圓周가 1.05cm, 축의 1회전에 대한 pulse 수가 360개인 것을 사용하였다. encoder의 신호는 microprocessor를 이용하여 수치화하였는데, 수치화 과정에서 각 pulse를 2등분함으로써 분해능을 $1.05 \text{ cm} / 720 = 0.0146 \text{ mm}$ 정도 되도록 하였다. 이 장비를 사진 1과 같이 전원공급장치와 함께 박스안에 설치하였으며 浮子를 연결하여 수위를 측정하였다. 이 장비의 측정원리는 사진속의 네모상자 안에 설치되어 있는 encoder에 부자를 연결하여 수위의 움직임에 따라 부자가 움직이면 이 연직 움직임이 encoder에는 회전운동으로 전달되어 회전한 양만큼 수위로 변환된다. 수위계에서 측정된 신호는 사진 2에 나타난 바와 같이 컴퓨터로 보내지고 컴퓨터에서는 설정된 수위값과 비교하여 밸브개폐 신호를 controller로 내보내면 여기서는 이를 다시 전류신호로 바꾸어 밸브를 구동시키고 밸브의 작동에 의하여 수위가 조절된다. 이 수위계는 기존의 수위계에 비하여 매우 경제적인 것으로 encoder에서 나오는 전기신호를 수치화하여 컴퓨터로 전송하는 회로를 만들게 된다면 encoder 가격이 약 200,000원(당시 환율은 1000원/\$ 정도)이므로 1백만원 이하로 제작이 가능할 것으로 보인다.

여기서는 제어용 컴퓨터로 노트북 PC를 사용하였다. 수리실험실은 항상 습도가 높기 때문에 컴퓨터나 관측기와 같은 전자제품에는 치명적인 영향을 미치므로 가급적 측정 및 제어 장비는 습도가 낮은 곳에

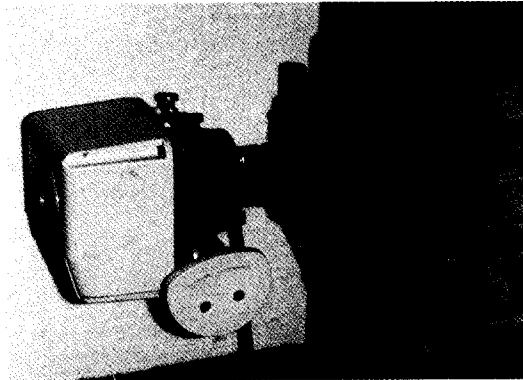


사진 3. 유입량 조절밸브

보관을 하는 것이 좋다. 노트북 PC는 실험을 하지 않을 때에는 외부로 쉽게 이동시킬 수 있으므로 여기서의 실험환경과 같이 공간의 제약 때문에 보관실을 따로 만들 수 없다든지 습도가 높은 환경에서 편리하다.

나. 자동수위조절밸브

본 수리모형실험에서는 수위를 조절하기 위하여 電動式 급수밸브와 배수밸브를 급수와 배수 파이프의 중간에 각각 설치하여 급수밸브가 열리면 배수밸브는 닫히는 상호 ON-OFF 형식을 취하도록 설계하였다. 밸브는 4 mA의 전류신호에 닫히고 20 mA의 신호에는 열리도록 설계되었으며 구동 전압은 AC220V이다. 밸브의 개폐에는 약 15초 정도가 소용되는 slow start motor를 채택하였으며 실험에 사용된 밸브는 각각 사진 3, 4와 같다. 이처럼 밸브의 개폐가 느린 motor를 사용한 이유는 밸브가 너무 급작스럽게 개폐될 경우에는 수압에 의하여 밸브에 무리한 힘을 가하게 되며 특히 배수시에는 급작스럽게 닫힐 경우 水擊(water hammer)作用에 의하여 수조내 수위가 상승하는 부작용이 발생한다. 또한 너무 느리게 구동할 경우에는 원하는 수위를 제대로 따라가지 못하는 문제가 발생한다.

본 실험에서 사용한 밸브는 가운데를 중심축으로 날개가 회전하는 나비형 밸브인데 개폐가 느리므로 좀 더 개폐가 빠른 밸브를 원할 경우에는 쇠기형이나 球型이 적합하다. 최근에는 국산밸브의 성능이 매우 좋아져서 외국산에 뒤지지 않으며 가격도 나비형의

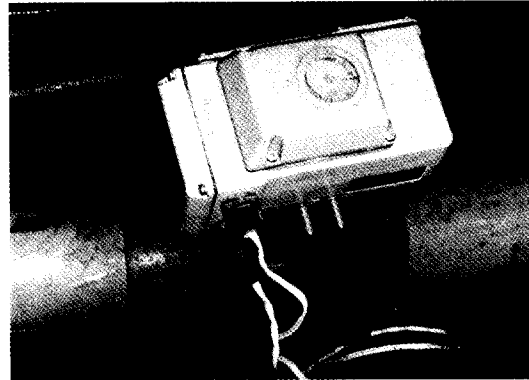


사진 4. 유출량 조절밸브

경우, 직경에 따라 틀리지만 700,000원 대에서 충분히 구입이 가능한데 이는 일본제품의 1/2 가격 수준이다.

4. 조석발생결과

수위계를 이용하여 관측한 조위자료는 그림 2와 같다. 이 그림에서 실선은 設定値(target)이고 점선은 관측치(measured)인데 낙조부분에서 설정치보다 조위가 낮고 나머지는 비교적 잘 일치함을 알 수 있다. 따라서, 조위는 설정치보다 높게 재현되어 결과에 약간의 과장이 포함되는데 이는 앞에서 언급한 바와 같이 급수밸브와 배수밸브의 개폐반응이 느리기 때문이다. 한편, 주어진 조건하에서 현상을 정확히 재현하기 위해서 편법으로 목표조위를 낮추어서 입력하는 방안도 고려할 수 있으나 정도는 아니므로 밸브를 교체하여 설정치에 접근하는 방법을 취해야 한다.

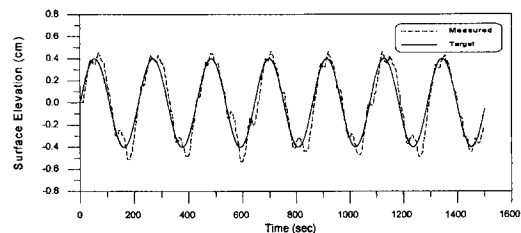


그림 2. 수위의 설정치와 관측치의 시계열

5. 부표추적 실험

조류의 이동현상을 측정하기 위해서 널리 쓰이는 방법으로는 浮漂추적과 염료투입이 있다. 이중 부표추적 실험의 경우 가장 큰 문제점은 부표끼리 부착하여 개별적으로 움직이지 않고 무리를 이루어 움직인다는 것이다. 이는 부표에 묻은 물 때문인데 부표가 무리를 이루어 움직이면 아시다시피 조류의 흐름을 정확히 파악할 수 없다. 따라서, 부표추적 실험의 성공여부는 부표끼리의 부착을 어떻게 방지하느냐 하는 것이다. 본 실험에서는 이를 위하여 납작한 플라스틱 용기 주변에 압편을 부착한 부표를 개발하였다(사진 5). 부표의 직경은 5.2 cm 이고 압편을 부착한 상태에서의 비중이 0.8 정도로 흐름에 적절히 반응한다고 할 수 있다. 실험결과, 부표끼리는 전혀 부착하지 않았는데 이는 압편 때문에 부표사이의 접촉면적이 너무 작아서 인력이 상대적으로 작기 때문이다.

6. 맺음말

수리실험의 효율적 수행을 위해서는 무엇보다도 유능한 technician의 확보가 필수적이지만 국내 여건에서는 현재 거의 불가능한 일이므로 수리실험에 관계된 전문가들끼리 상호 개발하거나 실험을 통해 얻은 지식을 발표하고 공유하는 일은 매우 시급하다. 또한, 각종 센서는 국산품이 거의 없는 관계로 매우 비싸고 내용도 대부분 비밀이라 단순한 사용외에는 변형이 불가능하므로 가급적 자체개발 하거나 기사용중인 센

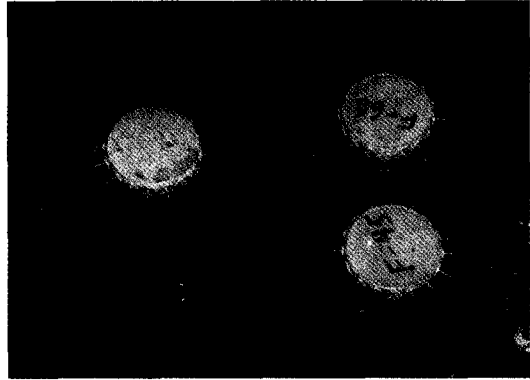


사진 5. 부착방지 浮子

서에 대해서는 문제점을 상호 정보교환하는 것이 필요하다. 따라서, 본 기사 내용은 매우 빈약한 것이지만 수위계의 개발과 수위계에서 얻은 신호로 밸브를 제어하는 시스템 및 부착방지 부표의 개발 등은 가급적 간단한 센서는 자체개발 하고자 하는 노력의 일환이었음을 밝히고 이에 대한 전문가분들의 조언을 구하기 위하여 게재하였다.

감사의 글

이 연구는 환경부의 G7 사업인 “해양오염방제 및 환경회복기술”의 소과제인 “연안환경 개선기술” 사업(BSPN 96343-00-1013-2)의 일부 결과물로서 재정적 지원을 해주신 환경부에 감사드리며, 또한 수위계의 제작에 많은 도움을 주신 신창(주)의 박경수 박사님께도 감사드립니다. ●

(참고 문헌)

전인식, 오영민, 이달수, 1994, 분기관의 자동제어를 통한 조석수조의 설계, 한국해양·해양공학회, 제6권, 제4호, pp.327-334.