

완충회전수문의 충격 완화장치

An Alleviative Device of Smooth Rotating Gate

유동훈* · 이태희** · 배덕원***
Dong Hoon Yoo* · Tae Hee Lee** · Deok Won Bae***

요지

수중보는 하천, 하수관 또는 인공수로에 건기시 유지수량을 확보할 목적으로 설치되며 보통 10년 주기 내외의 평균 강우량에 맞추어 그 용량을 결정한다. 수처리를 위한 장치의 규모는 적정한 재현기간에 맞추어 설계하고, 재현기간을 초과하여 강우가 발생할 경우 강우 유입을 우회시켜 경제성을 확보할 수 있어야 한다. 따라서 완충회전수문은 초과하는 수량을 우회 또는 통과시킬 목적으로 개발되었으며 기존 연구에서 실내 및 현장 실험 모형을 제작하여 여러 차례 실험을 토대로 한계수심 및 충격량을 이론적으로 산정하고 현장 적용성을 검증한 바 있다. 본 연구에서는 수문의 개폐시 원형실린더에 부착되어 있는 날개의 길이 및 개수 변이에 따른 항력의 영향으로 충격량을 측정하여 현장에 보다 적합한 완충회전수문의 최적설계방안을 제시하고자 한다.

핵심용어 : 수중보, 완충회전수문, 유지수량, 충격량, 항력

1. 서론

기존의 자동수문이나 전도게이트는 유압에 의해 자동 또는 수동으로 작동하지만 유압실린더가 하천에 설치되므로 마모나 부식 또는 진개물에 의한 흠풍 등에 의해 유압을 유지하지 못하는 큰 문제점을 내포하고 있다. 또한, 수문 개폐시 발생하는 가속으로 수문 및 수문 주위 구조물에 충격과 소음이 전이 될 수 있고 제작비용과 유지 보수 등에 많은 비용이 소요되며 적기에 수문을 닫지 못하는 문제점이 있다. 본 연구진이 개발한 완충회전수문은 재현기간을 초과하는 강우가 발생할 경우 강우 유입을 효과적으로 방출시킬 수 있고 적기에 자동적으로 수문을 닫을 수 있도록 고안하였다. 개폐시 충격량을 최소화시킬 수 있도록 수문 원형 실린더에 부착된 날개 길이 및 개수 변이에 따른 실내 실험을 통하여 최적설계방안을 제시하고자 한다.

2. 완충회전수문의 수리실험

2.1 완충회전수문의 원리

그림 1은 완충회전수문에 작용하는 여러 힘을 나타낸 것으로 수문이 닫혀 있는 경우 유입수가 증가할 때 수문을 열리게 하려는 수압에 대한 모멘트(M_F), 부력에 대한 모멘트(M_{SB})인 $+M$ 가 작용하고 그 힘에 저항하는 수문 원형실린더의 중량체에 대한 모멘트(M_S)인 $-M$ 가 작용하고 있다. 어느 정도 수위가 올라가게 되면 수압의 영향으로 수문이 열리게 되며 물의 통수 후 원통의 자중으로 복원 모멘트가 생겨 수문이 다시 닫히게 되는 원리이다. 수문이 닫힐 때 수문 상단에 가해지는 충격을 감소시키기 위해 원형실린더 하부에 저항 날개를 부착하여 항력을 받도록 하였다. 부력에 의한 모멘트는 어느 상황이든지 부력은 1/4원의 체적만큼 작용하며, 중량체에 의한 모멘트는 서서히 증가하여 완전히 닫히는 순간에 최고의 모멘트가 발생하게 된다. 따라서 수문이 완전히 닫히는 순간 최고치의 충격량이 가해진다.

* 정회원 아주대학교 건설시스템공학과 교수 공학박사 E-mail : dhyoo@ajou.ac.kr

** 정회원 아주대학교 건설교통공학과 박사과정 E-mail : rokmc828@nate.com

*** 아주대학교 건설교통공학과 석사과정 E-mail : luckybdw@naver.com

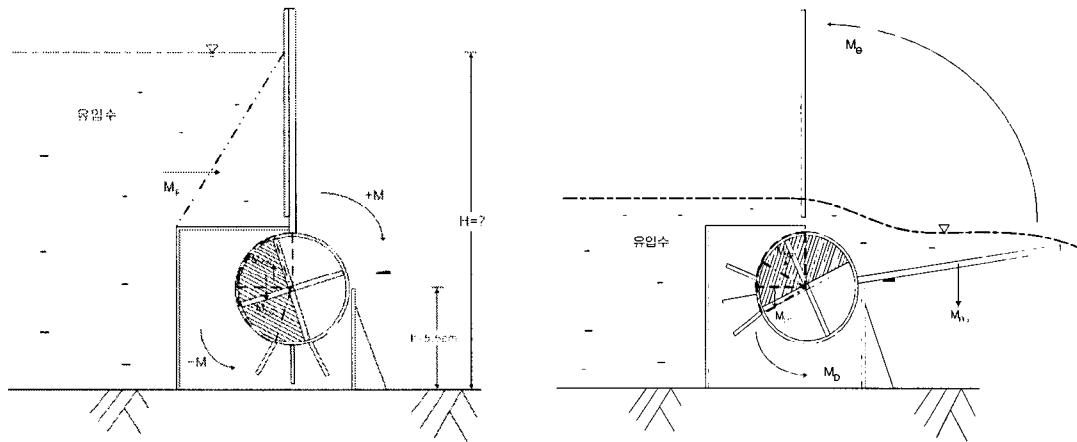


그림 1 완충회전 수문의 단면도(좌 : 닫혀 있을 때, 우 : 열려 있을 때)

2.2 완충회전수문의 구성

그림 2에 도시된 바와 같이 길이 7m, 폭 30cm의 중형수로에 아크릴 제질로 수문을 제작하였으며 수문의 평판 하부에 원형실린더를 부착하고 실린더 중심점에 힌지를 설치하여 회전이 가능하도록 하였다. 원형실린더의 힌지를 중심으로 15° 기울어진 직선의 좌측에 철근과 모래를 혼합한 중량체를 채우고 우측은 빈 공간으로 두어 좌측으로 기울어진 형상으로 제작하였다. 또한 원형실린더 하부에는 저항날개를 20° 의 각도로 설치하여 개·폐시 충격을 완화시키도록 하였으며 항력을 최대한 발휘하도록 원형실린더 앞에 평판을 설치하였다.

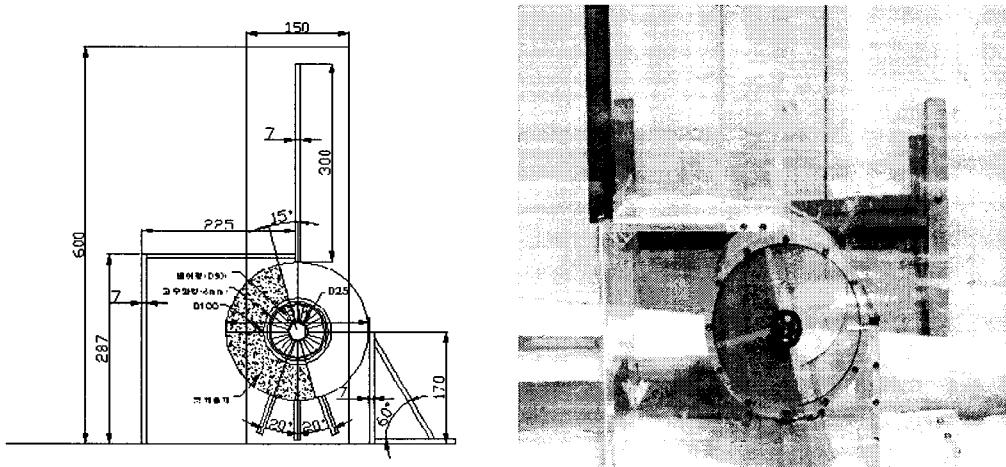


그림 2 중형수로에 설치 된 완충회전수문의 모형도와 실제모습

2.3 완충회전수문의 실험방법

본 연구의 수리실험은 실제 하천의 홍수시 증가하는 유량을 중형수로에 설치된 수문에 공급되는 유량으로 가정하여 일정하게 증가시켰으며 중형수로의 3.5 m 지점에 수문을 설치하여 유입과 유출을 원활하게 하였다. 유량이 증가함에 따라 수압의 영향으로 수문이 열리고 통수 후 원형실린더의 중량체에 의한 복원력으

로 닫힐 때 수문상단에 가해지는 진동을 측정하여 항력을 받는 날개의 기능을 검토하였다. 충격량의 측정 기구는 진동계로 측정되는 결과값은 단위가 m/s^2 로 가속도 차원을 가지며 본 연구에서 산정하고자 하는 충격량을 의미한다. 그림 3은 중형수로에 설치된 완충회전수문의 실험시 유입수에 의해 개방된 모습을 나타낸 것이다.



그림 3 중형수로에 설치 된 완충회전 수문의 실험시 개방된 모습

2.3.1 완충회전수문의 실험조건

본 연구진은 저항 날개 길이가 짧고 날개 개수가 적을수록 충격량이 클 것으로 예상하여 중량체의 무게를 9.04 kg, 비중을 3.07로 고정시킨 상태에서 날개길이를 원통실린더 직경의 약 1/5 ~ 1/3에 해당하는 6 cm ~ 4 cm로 줄이면서 실험을 수행하였다. 이와 병행하여 날개 개수를 3개 ~ 1개로 변화를 주면서 총 9번의 진동을 측정하여 비교하였다. 그림 4는 원형실린더 하부에 설치된 수문 개폐시 항력으로 작용하는 저항날개의 모습으로 날개개수의 변화를 주면서 항력의 변화를 통한 충격량을 검토하였다.

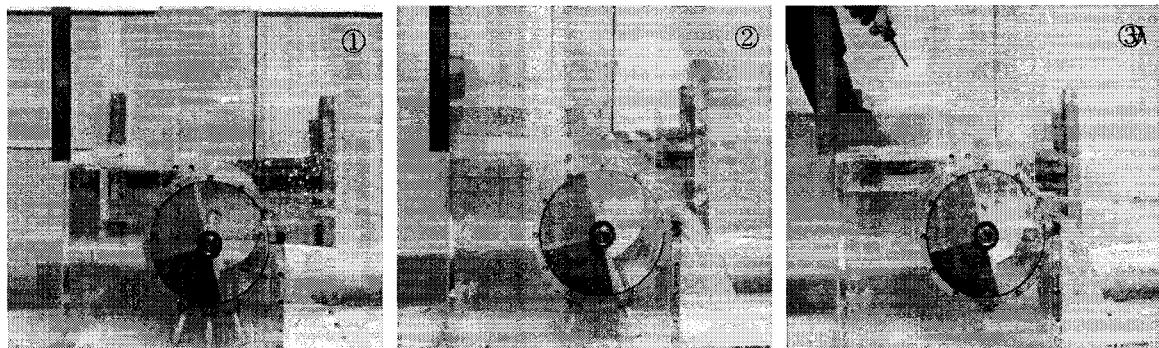


그림 4 완충회전 수문의 원형실린더 하부에 설치된 날개 형상(① : 3개, ② : 2개, ③ : 1개)

2.3.2 완충회전수문의 실험결과

실내 실험 측정 결과로부터 날개 길이 6cm, 날개개수 3개가 부착되어 있는 경우 수문 상단에 가해지는 진동이 가장 적게 측정되었고 날개길이 4cm, 날개개수 2개가 부착되어 있는 경우 유입수로 인한 수문 개방시 날개길이 및 개수 감소로 인한 항력이 감소되어 수문이 충격에 견디지 못하고 파손되었다. 그림 5는 실험시 날개길이 4 cm, 날개개수 2개인 경우에 파손된 완충회전수문의 원형실린더의 모습을 나타낸 것이다.

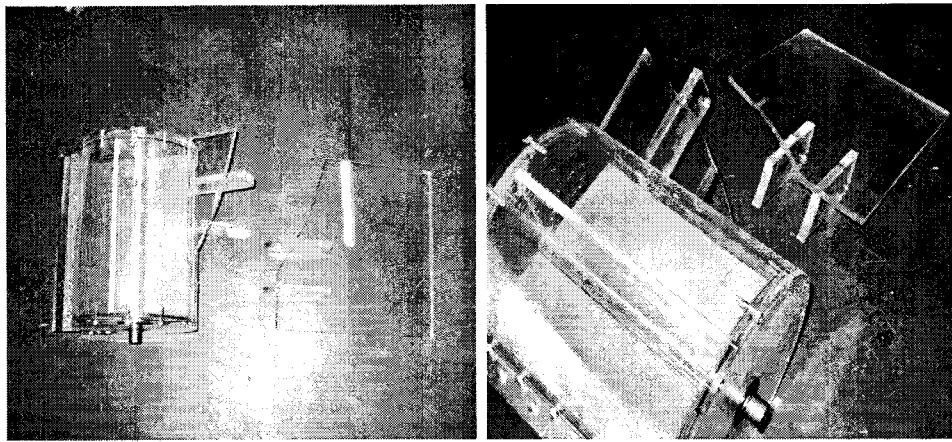


그림 5 완충회전수문의 실험시 파손된 원형실린더 모습

또한, 그림 6으로부터 날개길이가 6 cm, 5 cm인 상태에서 날개개수를 3개~1개로 변화를 주었을 때 진동 변화는 변동폭의 차이는 있지만 거의 일정한 직선을 이루는 반면에 날개길이 4 cm인 경우 날개개수가 2개 이하에서는 수문의 파손으로 측정이 불가능 하였다. 따라서 측정된 결과로부터 유입수에 의한 수운의 개폐시 날개의 영향으로 인한 충격량의 설계 임계치를 확인할 수 있었다. 표 1은 실험시 종형수로에 설치된 완충회전 수문의 각 조건에 따른 수문 상단에 가해진 진동의 변이를 나타낸 것이다.

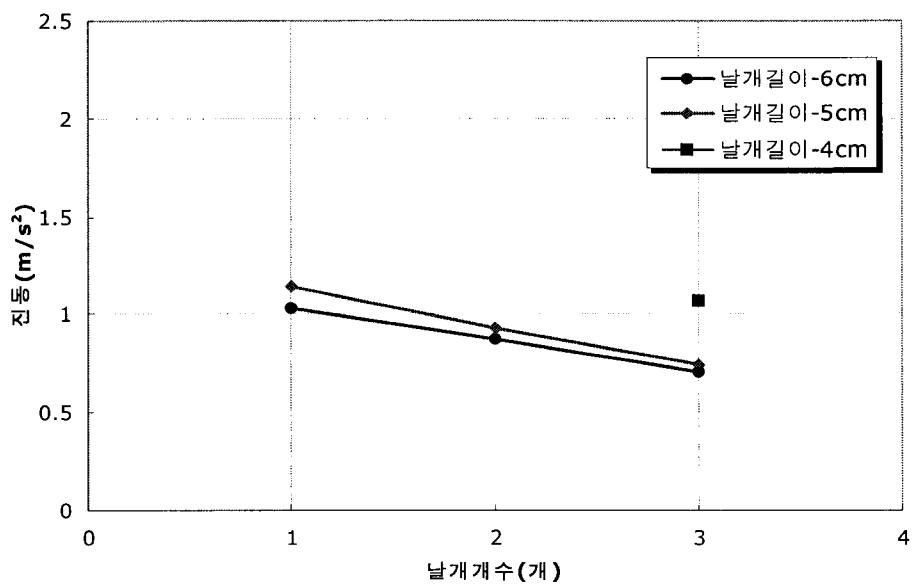


그림 6 완충회전수문의 날개길이 및 날개 수에 따른 진동 변화 곡선

표 1 완충회전수문의 날개길이 및 날개 수에 따른 진동 변화

날개길이	중량체 무게(kg)	중량체 부피(cm ³)	비중	날개조건	진동(m/s ²)
6cm	9.04	2945	3.07	3개	0.71
				2개	0.87
				1개	1.03
5cm	9.04	2945	3.07	3개	0.74
				2개	0.93
				1개	1.14
4cm	9.04	2945	3.07	3개	1.07
				2개	측정불가
				1개	측정불가

3. 결 론

완충회전수문은 하천 내에 설치되어 자동으로 유입되는 초과수량을 우회 또는 방출시킬 수 있도록 고안되었으며 2005년 국내 특허 출원을 하였다. 본 연구는 완충회전수문의 상단에 가해지는 충격을 완화시키는데 주목적이 있으며 충격 완화에 영향을 미치는 주요한 요소로 날개길이 및 날개개수의 변화를 고려하였다. 수리실험은 길이 7m, 폭 30cm의 중형수로에 소형 완충회전수문을 설치하여 날개길이 및 날개 개수에 따른 진동을 측정하여 수행하였다. 충격량의 주요 요소 중 날개길이는 원통 직경의 약 1/5 ~ 1/3에 해당하는 날개길이 6cm ~ 4cm로 변화를 주고 동시에 날개개수는 3개 ~ 1개로 줄이면서 총 9번의 충격량을 측정하여 비교를 하였다. 실험 결과 날개 길이 6cm에서 날개 3개가 부착되어 있는 경우가 가장 충격량이 작게 측정되었고 날개길이 4cm, 날개개수 2개가 부착되어 있는 경우 항력의 감소로 유입된 수압을 견디지 못하고 수문 개방 시 파손되었다. 따라서 본 연구에서 주목적이었던 날개의 영향을 고려한 완충회전수문의 충격량 완화효과의 설계 임계치를 확인할 수 있었다. 추후 보다 다양한 조건으로 실내 수리모형실험 및 현장실험을 수행하여 현장적용 가능한 완충회전수문의 보다 발전된 최적 설계방안을 제시할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구 개발사업 (03-산학연C03-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참 고 문 헌

- 유동훈, 이태희(2005). “완충회전수문.” 한국수자원학회학술발표회, 한국수자원학회, pp. 238.
- 유동훈 (1998). 유체역학. 도서출판 새론, pp. 398~403.