

수질정화체를 설치한 농업용 배수로의 수리적 안정성 검토

Hydraulic Stability Investigation of Water Purification Material Installed in Agricultural Drainage Channel

박기춘*, 김선주**, 양용석***

Ki Chun Park, Sun Joo Kim, Yong Seok Yang

요 지

본 연구에서는 수질정화체 설치에 따른 농업용 배수로의 수리적 안정성 검토를 위하여 수리모형시험을 실시하였으며, 수질정화체의 단면적 및 위치를 변화시켜 수리적 안정성을 검토하였다. 유량이 일정한 상태에서 수질정화체의 단면적을 변화시켜 수심 및 유속을 측정하여 수질정화체의 단면적에 대한 농업용 배수로의 수리적 안정성을 알아보았으며, 단면적을 고정시킨 상태에서 수질정화체의 위치변화에 따른 수심 및 유속을 측정함으로써 수질정화체 간의 간격에 의한 배수로의 수리적 안정성을 고찰하였다. 수심과 유속은 수질정화체를 기준으로 상류 및 하류에 대하여 측정함으로써 수질정화체 전·후의 변화상태를 알아보았다. 수질정화체의 단면적이 증가함에 따라 상류 수심이 하류 수심에 비하여 증가하며, 유속변화가 심한 것을 확인하였다. 또한 수질정화체의 간격이 가까워짐에 따른 유속 및 수심 변화를 알아보았다. 본 연구에서 나온 수리적 변화는 수로내의 장애물에 대한 기존 공식 중에 D'Aubuisson식과 유사한 것으로 나타났다.

핵심용어 : 수질정화체, 수리적 안정성, 수리모형시험

1. 서 론

최근 국내에서는 여러 분야에서 생태계 보전 및 복원을 목적으로 다양한 형태의 자연친화적 하천 및 수리시설 정비가 이루어지고 있다. 그러나 이러한 자연친화적 하천 및 수리시설 정비는 현장적용에 따른 수리적 특성변화 및 안정성에 대한 체계적인 데이터가 미비한 상태에서 설계 및 시공이 이루어지는 실정이다. 논이나 밭에서 사용된 농업용수는 생산량 증가를 위한 시비량의 증대와 농약사용의 증가로 인 및 질소 성분에 의해 수질이 악화되고 있다. 또한, 대부분의 경우 여과 및 수질처리 없이 하천에 흘러가고 있어 하천수질악화에 큰 영향을 주고 있어 배수로에서 1차적인 수질정화체를 통한 수질개선이 필요하다고 판단된다. 도시지역의 점원오염원은 별도의 집수 시스템을 통하여 오·폐수처리장에서 수질정화가 이루어지고 있으나 농촌지역과 같은 비점원오염원의 경우는 수질처리시설에 의한 수질정화가 현실적으로 힘들어 오염발생원 현장에서의 수질정화체에 의한 수질개선의 필요성이 대두되고 있다. 국내의 경우 이삼희 등(1999)은 수리모형시험을 통하여 식생밀도 및 식생배치 형태에 따른 유사퇴적을 분석하였으며 송재우 등(2004)은 수리시험을 통하여 식생수로와 비식생수로의 조도특성과 유속분포를 비교 분석한 바 있으나 현장 수질정화를 위한 수질정화체에 대한 연구는 아직 연구된 바가 없다.

* 정회원·건국대학교 대학원 사회환경시스템공학과 석사과정E-mail : parkpkc@kunkuk.ac.kr

** 정회원·건국대학교 생명환경과학대 사회환경시스템공학전공 교수E-mail : sunjoo@kunkuk.ac.kr

*** 정회원·건국대학교 대학원 사회환경시스템공학과 Post Doc.E-mail : realwater3636@hotmail.com

본 연구에서는 수리모형시험을 통하여 수질정화체에 따른 농업용 배수로의 수리적 특성을 분석하고, 수질정화체의 단면적 및 수질정화체 간의 간격 변화에 따른 수리적 안정성을 검토하였다. 유량이 일정한 상태에서 수질정화체의 단면적을 변화시켜 변화된 수심 및 유속을 측정하였으며, 단면적을 고정시킨 상태에서 수질정화체의 간격을 변화하여 수심 및 유속을 측정함으로써 수질정화체의 단면적 및 간격, 수심 및 유속 사이의 관계를 규명하였다. 그리고 시험결과와 수질정화체에 의한 수심변화를 예측하기 위하여 기존 공식과 비교·검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 수리시험장치

수리시험장치는 실제 농업용 배수를 1/10로 축소하여 사다리꼴로 수리학적 상사법칙에 의하여 설계하였다. 유량공급은 홍수위를 기준으로 $0.06\text{m}^3/\text{s}$ 로 하고 유량공급 및 조절장치, 개수로구간 및 저수조로 구성되어 있다. 수리시험장치의 제원은 그림 1과 같은 길이 8m, 하부폭 15cm, 상부폭 1m, 높이 28cm 이고 벽면이 경사 1:1.5의 아크릴로 구성되어 있다.

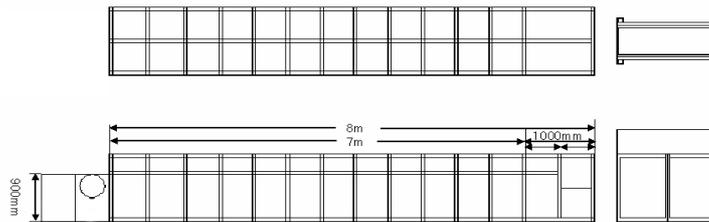


그림 1. 실내 시험수로의 입면도 및 측면도

2.2 실험방법 및 조건

2.2.1 수질정화체의 단면적 변화 실험

수질정화체의 단면적 변화 실험은 축소된 모형 기준인 농업용 배수로의 여유고인 3cm를 기준으로 여유면적(278cm^3)을 산정하였다. 수질정화체는 두께가 5mm의 아크릴판을 정육면체로 제작하여 표면적을 여유면적에 대한 43.5%, 60.7%, 80.8%에 해당하는 $11 \times 11\text{cm}$, $13 \times 13\text{cm}$, $15 \times 15\text{cm}$ 로 변화시켜 그림 2와 같이 수질정화체의 단면적에 대한 수심 및 유속변화를 측정하였다.

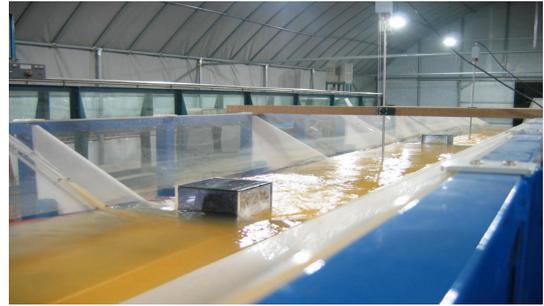
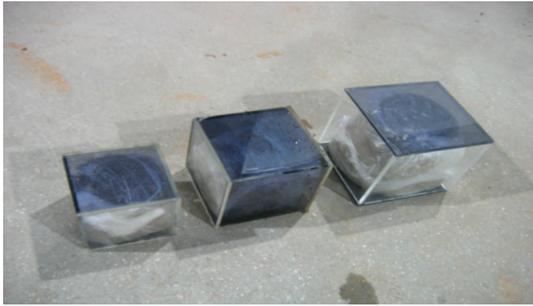


그림 2. 축소된 수질정화체 단면적의 변화 그림 3. 간격 2m일 때의 수로 실험 모습

2.2.2 수질정화체의 간격 변화 실험

수질정화체의 단면적을 고정(60.7%에 해당하는 $13 \times 13\text{cm}$)시킨 상태에서 간격을 2m, 4m, 6m로 변화시켜 실험을 실시하였다. 또한 유량에 따른 수리적 거동의 변화를 파악하기 위하여 유량을 실제 배수로의 유량 $6.96\text{m}^3/\text{s}$ 와 $18.02\text{m}^3/\text{s}$ 에 해당하는 $0.022\text{m}^3/\text{s}$, $0.057\text{m}^3/\text{s}$ 로 변화시켜 수리모형 실험을 실시하였다. 수로경사는 1/800로 고정시키고, 수질정화체의 상류부와 중간지점 및 하류부에 대하여 수심 및 유속을 측정하였다. 그림 3은 간격이 2m일 때의 실험모습을 나타내고 있다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 유속분포

그림 4와 5는 수질정화체의 단면적과 간격의 변화에 따른 유량별 유속의 변화를 나타내고 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이 2m에 위치한 수질정화체에 의해 유속이 증가하였다가 감소함을 확인할 수 있으며, 수질정화체의 단면적이 작을수록 변화가 적은 것을 알 수 있다.

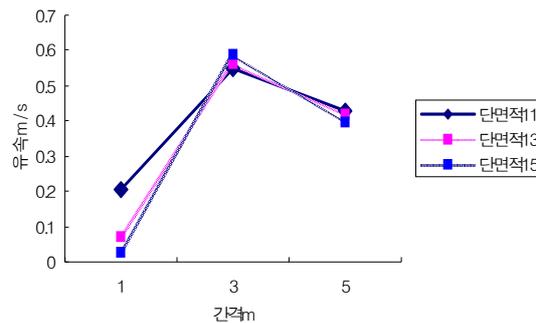


그림 4. 수질정화체의 단면적 변화에 따른 유속분포(유량: $0.022\text{m}^3/\text{s}$)

그림 5에서는 유량이 $0.022\text{m}^3/\text{s}$, $0.057\text{m}^3/\text{s}$ 일 때 간격을 2m, 4m, 6m로 변화시켜 유속분포를 측정한 값을 나타내고 있다. 수질정화체의 간격이 작을수록 상류부 1m의 유속은 증가하고, 수질정화체에 의해 다시 유속분포가 복귀되고 있음을 알 수 있다. 따라서 수질정화체 간의 간격을 너무 작게 하면 농업용 배수로 내의 세굴 현상이 발생할 것으로 판단된다.

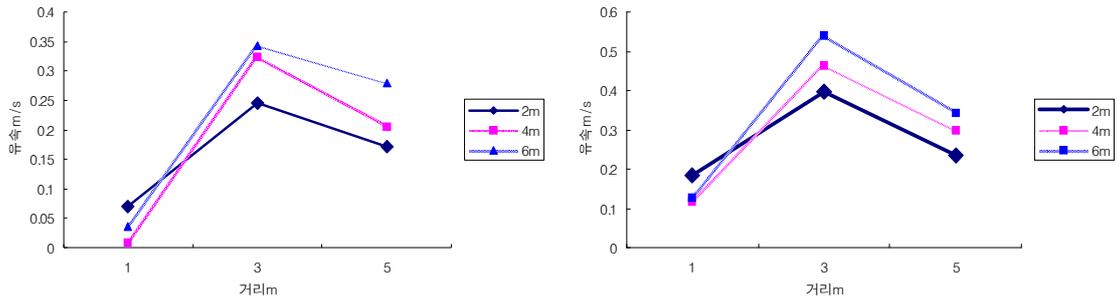
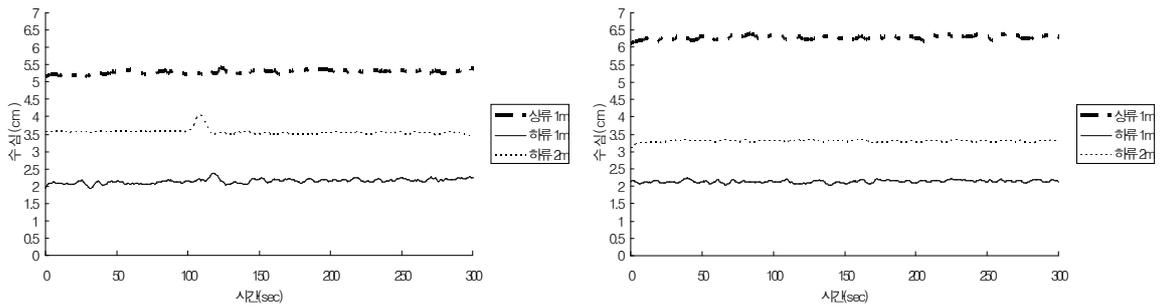


그림 5. 수질정화체의 간격 변화에 따른 유속분포(유량: $0.057\text{m}^3/\text{s}$)

3.2 수심

전압식 파고계에 의해 수질정화체의 단면적과 간격의 변화에 따른 수심변화를 각각 그림 6과 7에 나타내었다. 그림 6에서는 수질정화체의 단면적이 $11 \times 11\text{cm}$ 에서 $15 \times 15\text{cm}$ 로 증가함에 따라 상류·하류간 수심의 변화가 커짐을 알 수 있다. 특히 상류부에 수심 상승을 가져옴에 따라 여유고보다 높은 수심을 가져 율류의 우려가 발생한다.

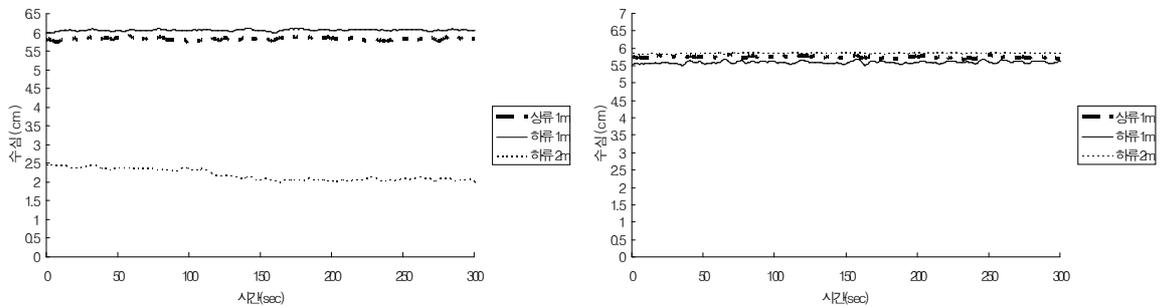


(a) 수질정화체의 단면적($11 \times 11\text{cm}$)

(b) 수질정화체의 단면적($15 \times 15\text{cm}$)

그림 6. 수질정화체 단면적 변화에 따른 수심변화(유량: $0.057\text{m}^3/\text{s}$)

간격이 가까워지면 하류부에서 수심이 급격하게 감소되어 농업용 배수로의 세굴이 우려된다. 일정 간격 이상이 되면 수질정화체 간격 변화에 따른 수심변화는 적다고 판단된다(그림 7).



(a) 수질정화체의 간격(2m)

(b) 수질정화체의 간격(4m)

그림 7. 수질정화체 간격 변화에 따른 수심변화(유량: $0.057\text{m}^3/\text{s}$)

4.3 기존 공식과의 비교 검토

수면형은 수질정화체의 전면에 배수고가 생기고 수질정화체의 말단 부근에서 최소수심이 된 후 하류의 등류수심으로 연결된다. 수질정화체의 단면적 및 간격 변화에 따른 시험결과와 기존식을 비교 분석하였다. 유속분포의 경사와 형태가 매우 유사하게 나타났다. 이는 시험조건이 수심 3~8cm, 평균유속이 2m/s 이하의 조건으로 월류하지 않은 상태에서 흘러간 상태에서 시험조건이 어느 정도 비슷했기 때문으로 판단된다. 그러나 Weisbach 공식은 축소된 단면을 지나가는 흐름은 수중 오리피스를 통하는 아래 부분과 이 웨어를 월류하는 윗 부분의 합으로 계산한다는 가정이 임의로운 것이어서 이론적인 기초가 없다고 판단된다. 따라서 연구의 결과 배수로 내의 수질정화체 설치에 있어서는 D'Aubuisson식과 유사한 결과를 보이고 있다.

5. 결론

본 연구에서 수질정화체 설치에 따른 농업용 배수로의 수리적 안정성 검토를 위하여 수리모형 시험을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수질정화체의 단면적은 홍수시의 여유고 및 통수능을 고려하여 선정하여야 하며, 단면적을 결정하기 위해 수심 및 유속변화에 대하여 고찰하여야 한다. 이 때 수질정화체 설치구간의 유속 증가로 배수로 내 세굴에 유의하여야 한다.
2. 수질정화체의 간격은 유속의 증가와 수심의 저하에 따른 세굴을 방지하기 위하여 간격을 결정하여야 하며 간격이 좁으면 수심의 변화가 커서 배수로 하류부에서의 세굴이 예상된다.
3. 수질정화체의 단면적 및 간격 변화에 따른 시험결과와 기존의 공식들과 비교 분석한 결과 D'Aubuisson식의 경사와 형태가 매우 유사하게 나타났다.

참 고 문 헌

1. 건국대학교(2005), 농업용 수로의 친환경적 수질정화재료 및 시공기법 개발, 연구보고서
2. 건국대학교(2000), 자연친화적 하천 및 수리시설정비를 위한 토목용 신재료의 활용과 설계기법, 연구보고서
3. 건국대학교(2000), 자연친화적 경지정리기법 개발, 농림부, 연구보고서
4. 고재선(2004), 수로 및 소규모하천의 환경친화적 정비공법에 대한 안전성 해석, 건국대학교 석사학위논문
5. Afzalimehr, H. and Anctil, F. (1998) Estimation of gravel-bed river flow resistance. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 124, no. 10, pp. 1054-1058.
6. El-Hakim, O. and Salama, M.M. (1992) Velocity distribution inside and above branched flexible roughness. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, Vol.118, no. 6, pp. 914-927.