

섬모상 매트에 의한 저수지와 댐에서 탁수확산차단 기술의 개발

이치타오*, 우강화*, 박성순**, 김영철*

*한서대학교 환경공학과

** (주)신강하이텍

e-mail:ykim@hanseo.ac.kr

Control of Turbid Water Transport with Filamentous Mat in Lake

Qitao Yi*, Jianghua Yu*, Sungsoon Park**, Youngchul Kim*

*Dept. of Environmental Engineering, Hanseo University

**Shingang Hi-Tech Inc.

요약

This study presented a lab-scale apparatus for turbidity control in the lakes or reservoirs. Overall, the filamentous mat had a capture efficiency of 70~90% compared with the control group. Generally, the capture efficiency decreased with improved input turbidity flux. However, the attachment and sedimentation were thought to be the main processes for turbidity water retention and removal. Thus, the increase of hydraulic detention time in the mat zone is very important to improve the capture efficiency of the turbidity water.

1. 서론

여러 가지 오염물질 중에 특히 수생태계 환경에 민감하게 영향을 미치는 물질은 탁수(turbid water)이다. 침식에 의해 발생된 토사는 강우유출수의 주요 구성성분으로 과도한 토사는 수생생물체의 광합성과 내호흡, 증식/번식을 방해하는 요인으로 작용한다. 탁수를 유발하는 부유토사(부유사)가 수생태계에 미치는 영향을 요약 정리하면 다음과 같다.

- 물고기 아가미 마모로 질병감염 위험성 증대
- 플랑크톤의 세굴 및 탁수에 강한 어종으로 대체
- 가시거리 감소로 인한 먹이활동 지장
- 호소에서 동물플랑크톤의 여과작용 감소
- 먹이사슬의 맨 아래에 위치한 수서곤충에 악영향
- 여름철 수온상승 및 침수식생 개체수의 감소
- 투명도(햇빛투과 수심)감소로 식물성 플랑크톤 및 수생생물 개체수 감소

토사입자는 표면에 흡착된 영양소, 미량중금속, 탄화수소의 운반체 역할을 수행한다. 토사에 의한 고탁도는 수처리비용을 상승시킬 뿐 만 아니라 공업용수나 위락용수로서의 가치를 크게 떨어뜨린다.

토사는 대부분 경사진 밭과 건설 사업장에서 발생되며 우리나라에서는 연간 약 5000만톤(임야 2200만톤, 밭 2800만톤)이 발생하는 것으로 알려지고 있으나 토사유출이 가능한 세부적인 대상사업(수질환경보전법 제15조 4항, “공공수역에 다량의 토사를 유출하거나 버려 상수원 또는 하천 호소수질을 현저히 오염되게하는 행위에 해당하는 사업장) 즉 건설 사업장에서 배출되는 토사량에 대해서는 아직 알려진 바가 없다. 환경관리공단에서는 2007년 비점오염사업장의 토양침식 및 토사관리 방안 마련을 위한 연구를 수행하였고 2008년 현재 토사유출사업장의 관리를 위한 지침을 마련하고 있는 단계에 있다.

본 연구의 목적은 고령지 밭이나 건설현장 등으로 탁수가 문제가 되는 댐이나 저수지 유역의 측부나 유입지류에 탁수확산을 방지할 수 있는 차단막을 개발한데 있다.

2. 실험방법 및 재료

2.1 섬모상 미디어

[그림 1]에는 본 연구에서 적용된 섬모상 미디어를 보여주고 있다. 섬모상 미디어는 고리-1100테니아

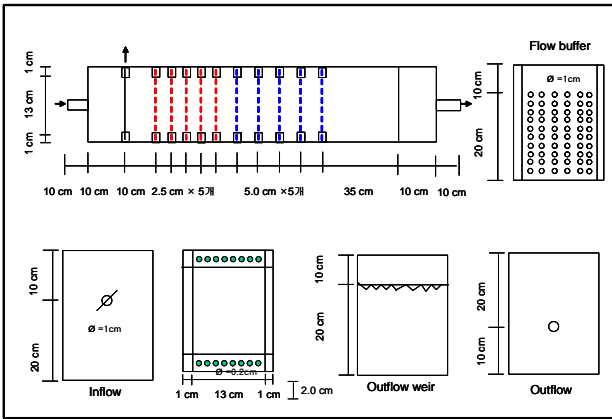
69합사 BCF 다섬사, 내심은 4mm 폴리에틸렌 로프 사, 고정실은 폴리프로필렌 다섬사로 구성되어 있다. 직경은 35~45mm, 표면적은 1.0~1.6m²/m, 공극율은 95~96%, 사용연한은 반영구적이다. 화학적 성질로 나일론 재질의 아민기(NH₃)가 붙어 있어 수중에서 양전하를 띠고 있다.



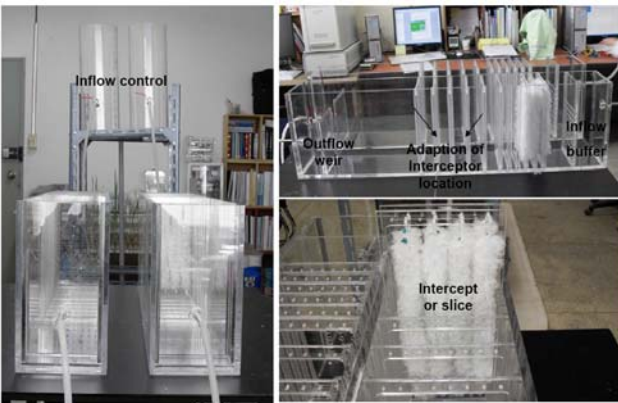
[그림 1] 섬모상(일명 끈상) 미디어

2.2 시험용 수로

[그림 2]와 [그림 3]에는 시험장치를 보여주고 있다. 시험용 수로 길이는 100m, 높이 30cm, 폭 15cm로 제작하였다.



[그림 2] 탁수이동 차단용 시험수로



[그림 3] 탁수이동 차단용 시험장치 사진

주요구조는 유입구, 정류관, 섬모상 여과막 설치틀, 여과막 설치틀 레일, 유출부 웨어, 유출관으로 구성되어 있고, 유입유량 수조 및 제어는 부피 6Liter, 밸브조작에 의한 유량조절 방법을 사용하였다. 유입부 유공 정류관에서 유공의 크기는 Ø 1cm, 시험장치는 2식으로 대조장치(control)와 섬모상 여과막 장치를 동시에 시험하였다. 또한 수로에는 섬모상 미디어를 매트형태로 고정할 수 있는 고정틀과 여과막의 설치간격을 자유롭게 조절할 수 있는 구조로 이루어져 있다.

2.3 성능의 평가인자

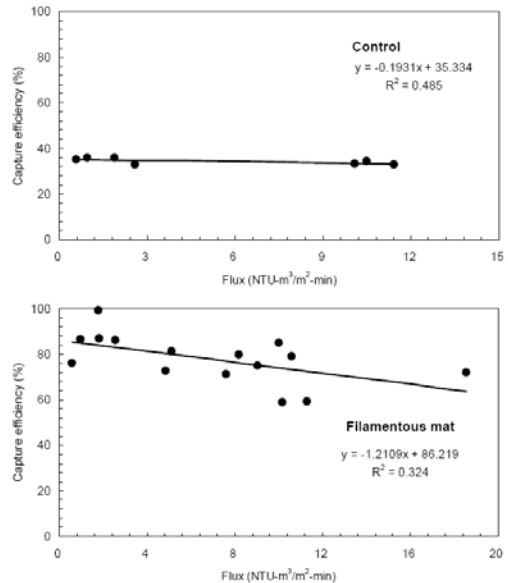
탁수차단 성능평가 인자로 섬모상 매트 설치 전후의 탁도를 측정하였다(탁도계 기종: HACH 2100N). 탁도 측정 위치는 수조에서 횡방향, 종방향 수층에서의 분석과 함께 각 지점별 평균탁도를 측정하였다. 아울러 탁도와 함께 각 지점에서의 탁도를 일으키는 입자의 입도분석(모델명: ACCUSIZER 780A)을 수행하였다.

2.4 인공탁수의 조제

실험실 조건에서 탁수차단 성능을 평가하고자 탁수문제와 일차적으로 관련이 있는 콜로이드 입자를 모의하기 위하여 시판되고 있는 벤토나이트 건립자와 황토입자를 물에 녹여 유입탁수로 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

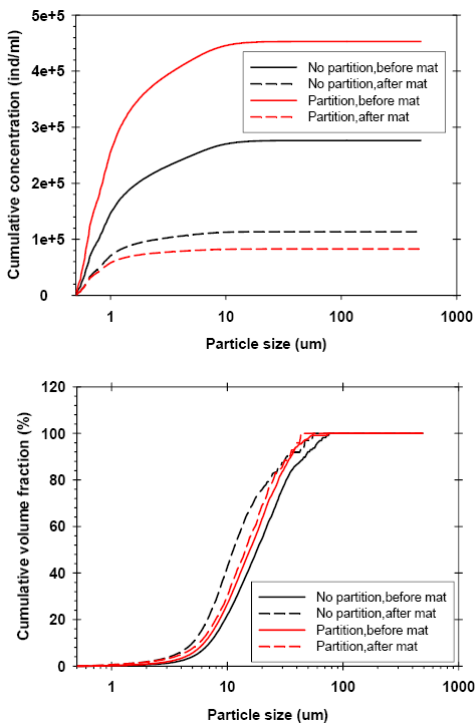
[그림 4]에는 대조장치와 미디어를 장착한 장치에서 얻은 유입탁질 플럭스(inflow turbidity flux)에 따른 차단성능(capture efficiency)을 나타내었다. 유입탁질 플럭스는 유량(Q)에 탁도(NTU)를 곱한 후 섬모상 미디어의 면적으로 나눈 값을 나타낸다.



[그림 4] 유입 탁질 플럭스에 따른 차단성능

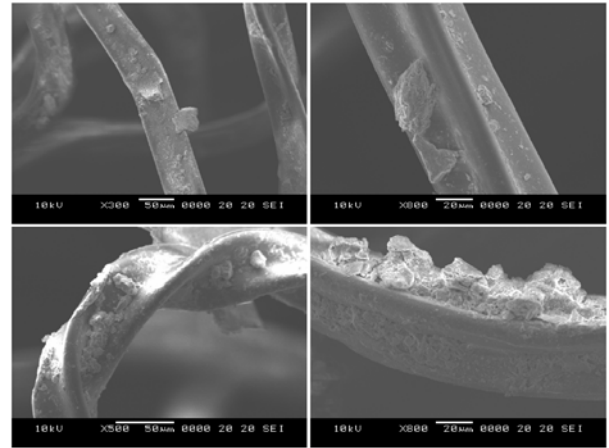
먼저 유입탁질 플럭스가 증가함에 따라 차단성능은 감소하는 추세를 보이고 있으며 대체로 시험 플럭스 영역에서 70~90%의 차단성능을 보여주고 있다. 이와 반면에 미디어를 장착하지 않은 대조장치에서는 단순한 침전현상으로 30% 내외의 성능을 보여 섬모상 미디어의 탁수차단 능력을 확실하게 보여주고 있다.

[그림 5]에는 차단막 설치여부 등 다양한 시험 시나리오 조건에서 입도분석결과를 보여주고 있다. 입도분석결과 처리 후 입자의 밀도차이는 포착성능과 일치하며 큰 사이즈의 입자는 차단막 이전에 포착되나 그 보다 작은 입자는 확산이동하고 실제현장 조건에 맞는 황토입자분포는 벤토나이트보다 큼을 알 수 있다.



[그림 5] 입도분포

[그림 6]에는 탁수차단 시험 후 미디어 고정틀에 장착되었던 섬모상 미디어를 가위로 잘라 낸 후 전자 주사현미경으로 촬영한 영상을 보여주고 있다. 사진에 나타나듯이 섬모상 미디어 표면에 부착 억류된 황토입자를 볼 수 있다. 미디어에 의한 콜로이드 입자의 억류기작은 아직 밝혀내지 못했으나 수류와 함께 이동하고나 확산되는 입자가 미디어와 충돌하여 섬모상 미디어 표면에 차단, 부착 억류되거나 침전되는 것으로 추정된다. 또한 탁수를 이루는 콜로이드 입자의 전기적 특성과 섬모상 미디어가 반응하여 탁수이동 차단여건이 조성되는 것으로 사료된다.



[그림 6] 전자주사 현미경 사진

4. 결론

본 논문에서는 저수지나 댐에서 탁수문제를 제어하기 위한 노력의 일환으로 섬모상 매트를 이용한 실험실 규모의 탁수제어실험을 실시한 결과를 제시하였다. 침전현상만이 기대되는 대조 실험군과 비교하여 섬모상 매트를 장착한 시험에서 탁질 플럭스에 따라 70~90%의 탁질 포착율을 기록하였다.

일반적으로 유입 탁질 플럭스가 증가함에 따라 포착율은 감소하였으며 가장 중요한 탁수제어막 설계인자임이 입증되었다.

입도분석결과 탁수에 함유된 대립자는 매트의 선단에서 포착되나 작은 소립자는 매트 벽을 경계로 형성되는 경사 때문에 확산되었다. 시험 후 섬모상 매트를 전자현미경으로 관찰한 결과 대립자와 소립자가 매트 표면에 부착제거된 상태를 확인할 수 있었으며 주요 메카니즘으로 입자와 매트와의 충돌, 확산, 억류, 여과, 침전 등이 탁질 제어의 주요 기작일 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 환경부 수생태 복원사업단의 연구지원으로 이루어진 것으로 감사드립니다.

참고문헌

[1] U.S. EPA., The Biological Effect of Suspended and Bedded Sediments in Aquatic Systems: A Review, 2001.