

## 하천실험센터에서 수행되고 있는 이미지 기반 하천 관련 연구 소개

강우철 KICT 수자원하천연구본부 전임연구원

### 들어가며

하늘에서 내리는 비는 강과 바다로 흘러가며, 빗물 등이 모여 흐르는 물길을 하천이라 정의한다. 물은 지구상의 모든 생물이 살아가는 데 절대적으로 필요한 자원이기 때문에 과거부터 사람들은 하천을 중심으로 모여 살아가게 되었다. 하지만 지구상의 97% 물이 바닷물이며, 쉽게 이용할 수 있는 하천에 흐르는 물은 0.00012%에 불과하다. 물을 이용하는 측면에서 보면 문명이 발전하기 시작한 시대에는 제한적인 물을 효율적으로 이용하기 위해 관개, 토사공급, 수운에 집중하거나, 홍수로부터 농경지와 주거지를 보호하는 치수에 초점을 맞추었다. 이후 산업혁명 시대를 거쳐 하천 개발 시대가 열리며 생공용수 공급과 수력발전, 홍수 조절 기능 등 인간사회의 이익을 위한 댐 건설과 하천에 제방을 쌓아 재해를 막고 하천과 하천변을 인간의 물 체험 장소로 이용하려는 친수 기능에도 관심을 가졌다. 하지만 최근에는 인간 활동에 의해 물 순환 과정의 왜

곡이 심화되고 기후변화에 의해 홍수와 가뭄이 가속화됨에 따라, 자연을 극복하려는 인위적인 하천 활동의 한계점에 달했다는 점을 인식하기 시작하였다. 또한, 미래 세대를 위해 하천을 자연과 인간이 공존하는 공간으로 인식하며 인간, 환경, 그리고 생태계를 동시에 고려하는 하천관리 패러다임으로 변화되고 있다(우효섭, 2005).

하천 관리 패러다임이 시대와 산업의 변화에 발맞추어 변화해 왔듯이 관리에 이용되는 다양한 방법들 역시 과학과 공학의 발전 영향을 받아왔다. 물의 흐름을 규명하고 이를 활용하는 학문인 수리학의 경우 1960년대 다양한 계측 장비와 센서의 개발과 더불어 비약적으로 발전하였다. 센서란 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각 등 인간의 오감과 관련된 우리 주변 환경의 변화를 인식하는 발명품으로서 우리가 인식하지 못하는 미세한 변화와 느낄 수 없는 변화까지 감지가 가능하다. 다양한 종류의 센서 중 광학 센서의 경우 피사체의 정보를 영상신호로 바

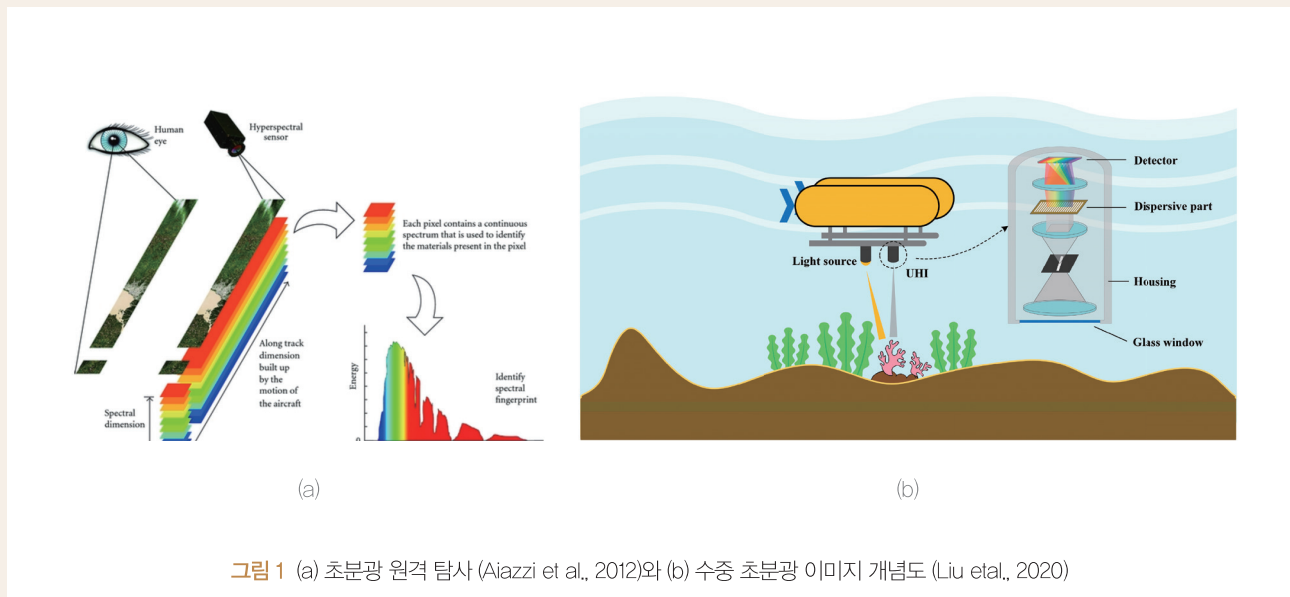


그림 1 (a) 초분광 원격 탐사 (Aiazzi et al., 2012)와 (b) 수중 초분광 이미지 개념도 (Liu et al., 2020)

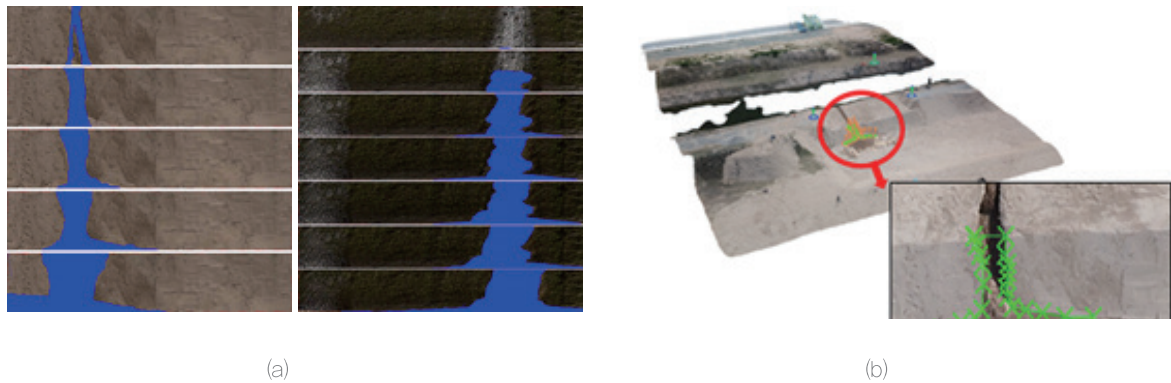


그림 2 제방의 안정성 평가를 위한 (a) 픽셀 기반 이미지 분석 결과 (b) 3차원 포인트 클라우드 모델링 적용 결과 (Kang et al., 2021)

꾸어 주며 오감 중 가장 직관적인 시각과 관련된 장비로써 널리 이용되는 장비이다. 광학 센서를 이용하여 얻을 수 있는 이미지의 경우 빛의 3원색과 관련된 가시광선과 근적외선 영역까지 200개 이상의 파장으로 나누는 초분광 영상을 얻을 수 있을 정도로 발전되었으며, 위성과 드론 등 다양한 장비들과 연계하여 시간과 공간적인 제약으로부터 더욱 자유로워지고 있다(그림 1(a)).

또한, 과거에는 상공에서 촬영된 이미지만 이용했다면, 최근에는 촬영기술이 발전함에 따라 수중 이미지의 활용도 역시 증가하고 있다(그림 1(b)). 이 글에서는 하천을 관리하기 위해 광학센서 기반으로 얻은 이미지를 활용하는 다양한 연구 중에서 한국건설기술연구원 하천실험센터에서 수행한 연구를 소개하고자 한다.

### 신소재 제방 기술 연구

한국건설기술연구원 하천실험센터는 '자연과 인간이 함께하는 하천의 실현'이라는 가치 아래 2012년에 개소하였으며, 최대 10 m<sup>3</sup>/s의 유량 공급이 가능하며 대형 실규모 수리실험이 가능한 세계적으로도 독보적인 규모와 인프라를 보유한 실험 시설이다. 특히, 공급되는 물의 양이 조절 가능하며 다양한 조건을 가진 3개의 실규모 수로와 순환수로 등을 보유하고 있기 때문에 이미지에 영향을 줄 수 있는 다양한 조건 제어가 가능하다는 점에서 하천실험센터는 관련된 연구를 수행하기에 매우 좋은 환경을 가지고 있다고 할 수 있다. 먼저, 광주과학기술

술원(GIST), 한국건설기술연구원, 명지대학교 등이 참여한 신소재 제방 기술 연구단에서는 친환경 소재인 바이오폴리머를 활용하여 표면 포장을 통해 제방의 안정성을 강화하기 위한 연구를 수행하였다. 하천실험센터의 경우 픽셀 기반의 이미지 분석 기법과 드론으로부터 획득한 이미지로부터 3차원 포인트 클라우드 모델링 적용을 통해 강화된 제방의 수리 안정성 및 표면 침식과 제방 붕괴 메커니즘의 이해를 위한 분석을 수행하였다(그림 2).

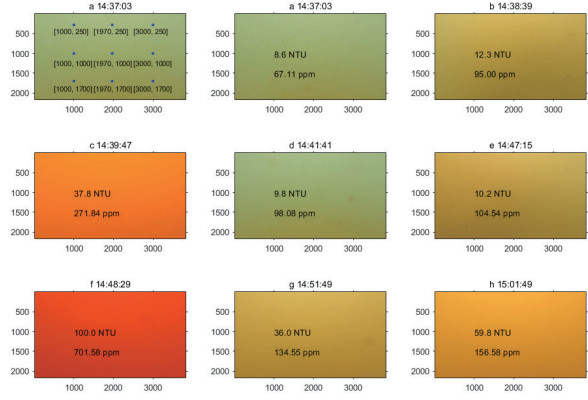
흐름 제어가 가능한 수로에서 동일한 황월류 흐름을 재현하여 3 case: 1) 모래 제방, 2) 친환경 신소재 도포 제방, 3) 식생 제방을 대상으로 실험을 수행하였으며, 분석 결과 모래 제방과 비교하여 강화된 제방의 경우 약 2.7~7배의 붕괴 지연 효과를 보여주었다.

### 이미지 기반 유사량 관련 연구

풍화작용에 의해 생성된 유사(流沙, Sediment)는 자연 매체에 의해 운송되며 하천에 도달하기 전이나 도달한 이후 퇴적되며, 이러한 과정 중에서 다양한 범위, 여러 형태의 문제가 발생한다. 특히, 유사의 퇴적이나 세굴로 인해 하천 내 하상이 쌓이거나 깎이는 하상변동 문제의 경우 홍수위 상승, 생태환경 변화 등 하천의 유지 관리 측면에서 다양한 문제를 초래한다. 따라서 유사 이송에 관한 충분한 이해와 유사량을 정량적으로 파악하고 예측하는 것은 매우 중요하다. 하천실험센터는 위에서 언급된 문제 해결을 위한 실험 수행을 하기에 충분



(a)



(b)

그림 3 부유사량 계측을 위한 (a)실험 수행 과정과 (b)농도에 따른 수중 이미지 변화 결과(Kang et., 2021)

한 인프라와 레이저 부유사 농도·입도 측정 장비와 다항목 수질계측기, 음향도플러유속계(ADCP) 등 다양한 첨단 장비를 갖추고 있다. 구체적으로 유사량을 정량적으로 파악하기 위해 초음파도플러유속계, 수중 드론으로부터 얻은 수중 이미지, 초분광 이미지를 이용하는 연구를 수행하고 있으며 해당 연구 수행을 통해 보다 효율적이고 경제적이며 안전한 계측 방법을 개발하려는 노력이 진행 중이다.

### 마치며

하천은 인간에게 풍요로운 자연의 일부인 동시에 재앙의 근원이 되기도 한다. 이러한 친환경적이고 지속가능한 하천을 위해 영상을 활용하는 연구는 앞으로도 계속 수행될 예정이다. 본 글에서는 한국건설기술연구원 하천실험센터에서 수행된 이미지 기반의 다양한 실험들을 소개하였다. 언급된 연구 이외에도 하천실험센터에서는 하천 공간 내 다양한 식생 및 구조물을 분석하기 위해 딥 러닝 기반 이미지 트레이닝을 활용하는 연구, 영상 기반 표면유속 분석 연구, 위성 영상을 활용하여 하천환경평가를 하는 연구 등을 다양한 이미지 기반 하천 관련 연구를 많이 수행하고 있

다. 한국건설기술연구원 하천실험센터는 이러한 성과들을 기반으로 '자연과 인간이 공존할 수 있는 하천의 실현'을 위해 더욱 노력할 예정이다. **K**

### 참고자료

- 우효섭. (2005). 하천과 인간 활동-패러다임의 변화를 쫓아서. 하천과 문화, 1, 62-71.
- Aiazzi, B., Alparone, L., Baronti, S., Lastrì, C., & Selva, M. (2012). Spectral distortion in lossy compression of hyperspectral data. Journal of Electrical and Computer Engineering, 2012, 3-3.
- Kang, W., Ko, D., & Kang, J. (2021). Erosion resistance performance of surface-reinforced levees using novel biopolymers investigated via real-scale overtopping experiments. Water, 13(18), 2482.
- Kang, W., Lee, K., & Kim, J. (2022). Prediction of Suspended Sediment Concentration Based on the Turbidity-Concentration Relationship Determined via Underwater Image Analysis. Applied Sciences, 12(12), 6125.
- Liu, B., Liu, Z., Men, S., Li, Y., Ding, Z., He, J., & Zhao, Z. (2020). Underwater hyperspectral imaging technology and its applications for detecting and mapping the seafloor: A review. Sensors, 20(17), 4962.