



레이저 도플러방식 유속계를 이용한 유량측정



송재현
유량조사사업단
선임연구원
k6zero@hsc.re.kr

1. 서론

최근 우리나라의 기후변화로 인한 집중호우 및 돌발홍수로 유량조사 업무에 인력을 활용한 전통적인 유량측정방법만으로는 비용, 노력, 안전 등 많은 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제들을 해결하고자 최근 들어 전 세계적으로 유량조사와 첨단기술을 접목하는 자동화시스템 연구 및 실용화가 활발히 진행되고 있다.

미국지질조사국(USGS : U. S. Geological Survey)에서는 1996년에 Hydro21이라는 위원회를 만들어 기존 유량측정의 패러다임을 바꿀 수 있는 신기술의 개발, 평가, 비전을 제시하며 미래를 선도하고 있다. Hydro21에서는 유량측정의 비용과 위험성 문제를 해결할 수 있는 방법 중 하나가 비접촉식 유량측정 기술을 개발하는 것으로 현재단계에서 적용가능한 기술을 검토하였다(Cheng 등, 2002; Kim, 2006). 주요 기술로는 입자영상유속계(PIV : Particle Image Velocimetry), 레이더(Radar), 레이저(Laser) 등이며, 이미 입자영상유속계와 레이더는 지속적인 연구 및 실용화를 통하여 국내외에서 유량측정 업무에 많이 활용되고 있다. 하지만 레이저는 국외에서 일부 활용하고 있으나 국내에서는 아직 실무에 적용되고 있지 않은 현실이다.

본고에서는 레이저 도플러방식 유속계(LDV : Laser Doppler Velocimeter)를 이용한 유량측정에 대해 알아보려고 한다.

2. 레이저 도플러방식 유속계

2.1 레이저 도플러방식 유속계의 측정방식 및 설치사례

레이저 도플러방식 유속계는 그림 1과 같이 수표면과 일정한 각도를 유지하고 레이저 광선을 수표면에 송신한 후 반향된 빛의 주파수 변이 즉, 도플러 효과 또는 도플러 변이(Doppler Effect or Doppler Shift)를 이용하여 유속을 측정한다.

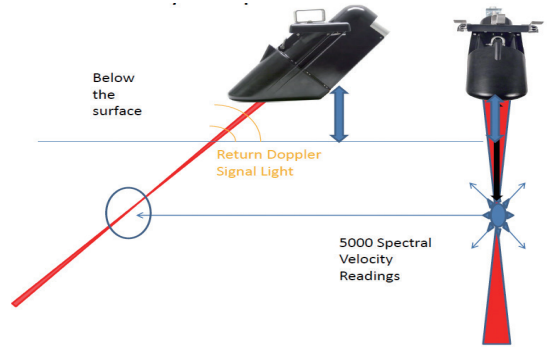
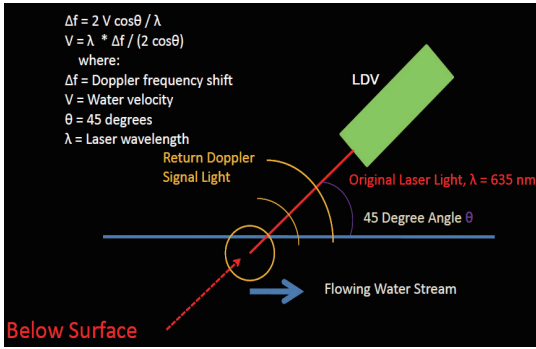


그림 1. 레이저 도플러방식 유속계 측정 원리

레이저 도플러방식 유속계의 유속측정 방식은 레이더 도플러방식 유속계와 동일하지만 가장 큰 차이점은 그림 2와 같이 수표면 아래와 다지점

(Multipoint/Multidepth)의 유속을 측정할 수 있다는 것이다.

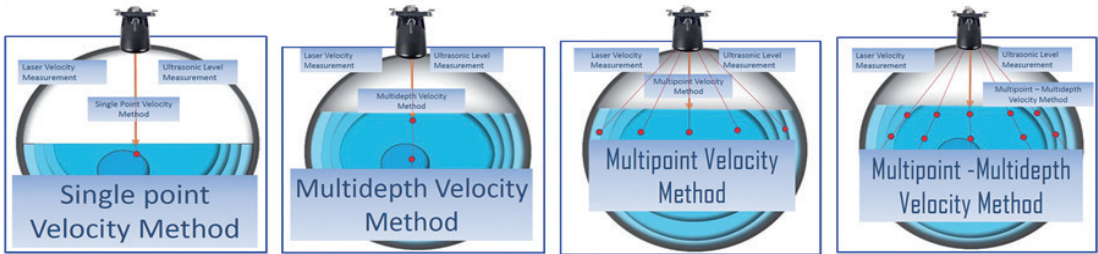


그림 2. 레이저 도플러방식 유속계의 유속측정 영역

또한, 그림 3과 같이 레이저 도플러방식 유속계가 수중에 잠길 경우 초음파 도플러방식 유속계(CWD : Continuous Wave Doppler) 등을 추가로 설치하여 단점을 보완할 수 있다.

된 유속은 평균유속과의 관계식 또는 보정계수를 적용하여 평균유속으로 환산할 수 있다. 그리고 환산된 평균유속과 흐름 단면적을 이용하여 연속방정식으로 최종 유량을 산정한다.

레이저 도플러방식 유속계 측정시스템으로 측정

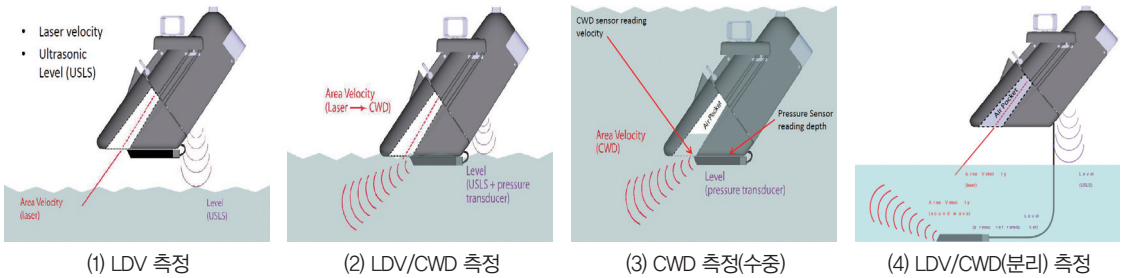


그림 3. 레이저 도플러방식 유속계의 유속측정 영역

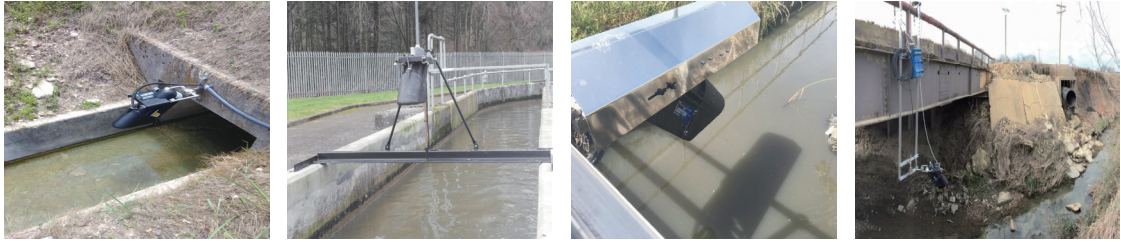


그림 4. 레이저 도플러방식 유속계의 설치 사례

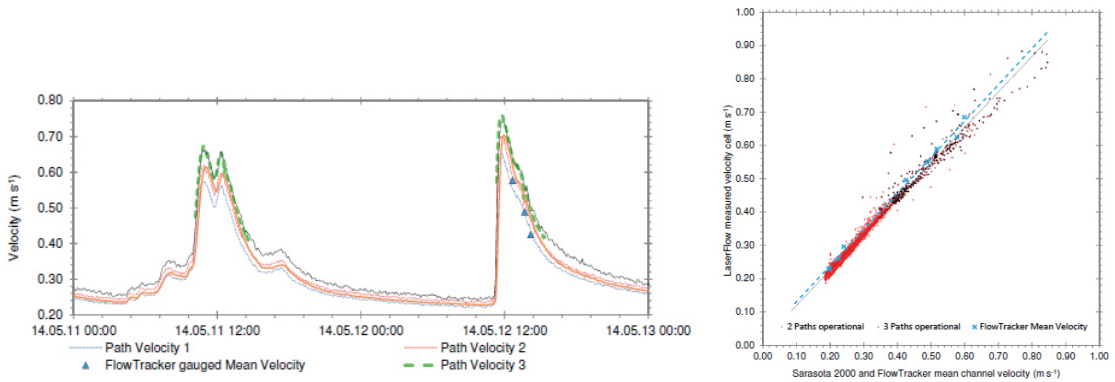


그림 5. 레이저 도플러방식 유속계(LaserFlow), UVM(Sarasota 2000), ADV(FlowTracker)의 유량 비교 사례(Richard Severn, 2014)

2.2 레이저 도플러방식 유속계의 장단점

레이저 도플러방식 유속계는 다른 비접촉방식 유속계들과 비교하였을 때 수표면 뿐만 아니라 수표면 아래까지 측정이 가능하며 수표면의 바람 및 빗방울 영향이 없이 측정 가능한 것이 가장 큰 장점이다. 반면에 짧은 레이저 측정가능거리, 저유속 조건 및 탁도 20 NTU 이하에서의 측정 불안정이 가장 큰 단점이다.

3. 결론

본고에서 비접촉방식 유속계 중 레이저 도플러방

식 유속계에 대한 측정원리, 측정사례 및 장단점에 대하여 살펴보았다. 레이저 도플러방식 유속계는 다른 비접촉방식의 유속계와 비교하여 큰 장점은 수표면 및 수표면 아래 다지점(Multipoint/Multidepth) 유속 측정이 가능하다는 것과 수위 상승 시 수중조건 측정(Submerged Condition Measurement)에서 초음파 도플러방식 유속계 등을 추가하여 측정을 보완할 수 있는 것이었다. 다만, 큰 단점은 짧은 레이저 측정가능거리, 저유속 조건 및 탁도 20 NTU 이하에서의 측정 불안정이었다. 레이저 도플러방식 유속계는 장단점을 고려하였을 때 소하천, 하천수 관련 개수로 등 소규모 흐름 환경 조건에서의 유량 측정 자동화시스템으로 적용 가능할 것으로 보인다.

표 1. 레이저 도플러방식 유속계의 장단점

구분	내용
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 측정 환경조건에서의 적용 가능(단, 측정범위 이내) • 설치 및 유지관리가 용이함 • 다른 비접촉방식과 비교하여 수표면 아래 및 다지점(Multipoint/Multidepth) 유속 측정 가능 • 수위 상승 시 수중조건 측정(Submerged Condition Measurement)에서 CWD 등을 추가하여 측정 보완 가능 • 저수심 측정 가능(최소 0.01m) • 수표면의 바람 및 빗방울 영향 없이 측정 가능 • 양방향성(Bidirectional) 유속 측정 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> • 레이저 측정가능거리가 짧음(센서면으로부터 수표면까지 최대 3m) • 저유속 조건의 측정 불안정(레이저 측정가능 최저유속 0.15%, CWD로 보완 가능) • 측정영역에 투과 불가능 물질 방해 시 측정 불가능 • 탁도 20 NTU 이하 조건에서 측정 불안정

참고문헌

1. Cheng, R.T., Costa, J.E., Haeni, F.P., Melcher, N.B., and Thurman, E.M. (2002). In search of technologies for monitoring river discharge, in Younos, Tamin, ed., *Advances in Water Monitoring Research*, Water Resources Publication, p. 203–219.
2. Kim, Y. (2006). Uncertainty analysis for non-intrusive measurement of river discharge using image velocimetry. PhD Dissertation, The University of Iowa.
3. Teledyne ISCO (2013). TIENet™360 LaserFlow™ Velocity Sensor–Installation and Operation Guide, ISCO, Nebraska, USA, P118.
4. Richard Severn (2014). Environment Agency Field Test Report–TIENet™360 LaserFlow™, Environment Agency, UK.