

개수로에서 디지털동영상을 이용한 부자의 이동거리 측정 Measurement of Moving-Flot Distance by Digital Video in Open Channel

김호섭*, 박상덕**, 신승숙***, 김선정****, 김건태*****

Ho Seop Kim, Sang Deog Park, Seung Sook Shin, Seon Jeong Kim, Gun Tae Kim

요 지

우리나라는 산지가 많고 산지하천을 따라 대부분의 도로와 농경지 또는 주거지가 분포하고 있어 집중호우시 산지하천의 피해가 심각한 실정이다. 하천계획에서는 설계홍수량을 산정하여 하천제방 등의 하천설계에 활용하는데 이 홍수량을 산정하기 위해서는 장기간에 걸친 유출자료를 확보하여야 한다. 홍수자료 생산에서는 수위-유량관계곡선 자료가 필요하며 이는 수위와 유속을 동시에 측정하여 취득된다. 경사가 급한 산지하천에서 집중호우시에 유속을 측정을 할 경우 위험에 노출되기 쉽고 시간과 인력이 많이 소요되므로 디지털영상을 이용한 유속측정방법을 적극 활용하여야 한다. 이 방법에서 가장 중요한 것은 영상내의 정보를 이용하여 실제 부유물의 이동거리를 산정하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 실내실험을 통해 개수로에서 부자의 실제이동거리를 이론적으로 결정할 수 있는 방법을 도출하였다.

그림 1과 같이 개수로에서 부자의 이동거리를 측정하고 그림 2와 같이 실제이동거리와 이론이동거리의 관계를 나타낸 나타내었다. 이는 본 연구의 부자를 이용할 경우 영상이미지에서 이론적인 부자 이동거리 산정이 가능하고 개수로에서 표면유속측정에 활용될 수 있을 것이다. 일반적으로 유속과 수면변동이 큰 개수로에서 부자이동거리에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

핵심용어 : 집중호우, 하천설계, 유속, 개수로, 이동거리



그림 1 개수로 부자이동거리 실험

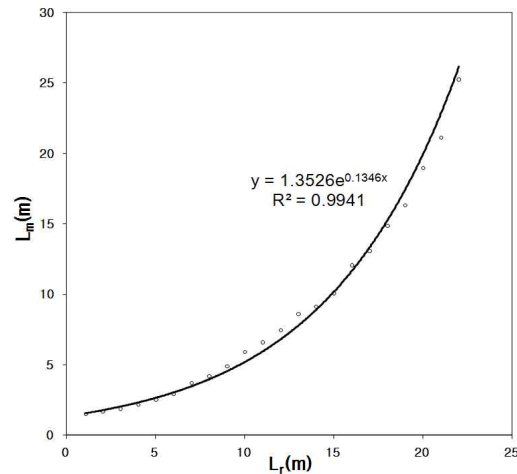


그림 2 부자의 실제 이동거리와 이론이동거리

* 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 공학석사 · E-mail : krismas@nate.com
 ** 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 교수 · E-mail : sdpark@gwnu.ac.kr
 *** 정회원 · 강릉원주대학교 연구원 공학박사 · E-mail : cewsook@hanmail.net
 **** 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : mk0637@nate.com
 ***** 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : hwell@naver.com

1. 서론

우리나라는 산지가 많고 산지하천을 따라 대부분의 도로와 농경지 또는 주거지가 분포하고 있어 집중호우시 산지하천의 피해가 심각한 실정이다. 하천계획에서는 설계홍수량을 산정하여 하천 제방 등의 하천설계에 활용하는데 이 홍수량을 산정하기 위해서는 장기간에 걸친 유출자료를 확보하여야 한다. 홍수자료 생산에서는 수위-유량관계곡선 자료가 필요하며 이는 수위와 유속을 동시에 측정하여 취득된다. 경사가 급한 산지하천에서 집중호우시에 유속을 측정을 할 경우 위험에 노출되기 쉽고 시간과 인력이 많이 소요되므로 디지털영상을 이용한 유속측정방법을 적극 활용하여야 한다. 이 방법에서 가장 중요한 것은 영상내의 정보를 이용하여 실제 부유물의 이동거리를 산정하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 실내실험을 통해 개수로에서 부자의 실제이동거리와 이론에 의한 부자의 이동거리를 비교분석하여 관계를 도출하였다.

2. 이동거리 산정

2.1 기본이론

홍수시 촬영한 사진영상의 부자를 이용해 유속을 분석할 때 영상내의 부자는 규칙성 없이 위치하고 있을 것이다. 이 부자의 위치는 분석의 입장에서 볼 때 크게 영상의 중앙부에 위치하는 경우와 그렇지 않은 경우 두가지로 나누어 볼 수 있다.

2.1.1 부자가 영상의 중앙에 위치

부자가 영상의 중앙에 위치할 때에는 비교적 간단하게 삼각함수를 이용해 이동거리를 산정할 수 있으며, 다음 그림 1과 같은 관계를 가지게 된다.

여기서, 실제촬영거리(x)가 초점거리(f)에 비해 현저히 크다면 영상에 촬영되는 구형부자의 직경(d)가 실제직경(d_0)에 근사하고, 렌즈에서 d 까지의 촬영거리(x)가 d_0 까지의 촬영거리(x_0)에 근사하다고 가정하며 다음과 같이 정의할 수 있다.

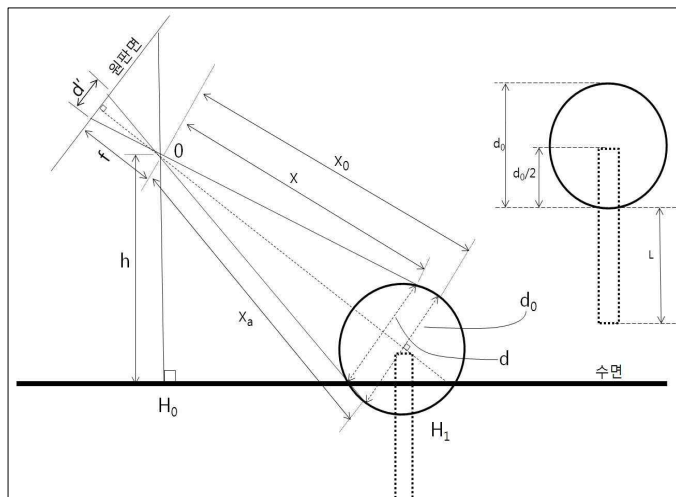


그림 1 구형부자가 사진영상의 중앙에 위치

if, $f \ll x$ 이면, $d \approx d_0$ and $x \approx x_0$

$$d : f = d_0 : x$$

$$x = \frac{d}{d_0} f$$

if, $x \gg d_0/2$ 이면, $x_a \approx x$

$$x_a^2 = x^2 = \overline{H_0 H_1}^2 + h^2$$

$$\overline{H_0 H_1}^2 = x^2 - h^2$$

$$\overline{H_0 H_1} = \sqrt{x^2 - h^2}$$

2.1.2 부자가 영상의 중앙에서 벗어나 위치

부자가 영상의 중앙에서 벗어나 위치할 때에는 다음 그림 2와 같은 관계를 가지게 된다.

여기서, 실제촬영거리(x)가 초점거리(f_1)에 비해 현저히 크다면 사진영상에 촬영되는 구형부자의 직경(d)가 실제직경(d_0)에 근사하고, 렌즈에서 d 까지 촬영거리(x)가 d_0 까지 촬영거리(x_0)에 근사하다고 가정하며, 다음과 같이 정의할 수 있다.

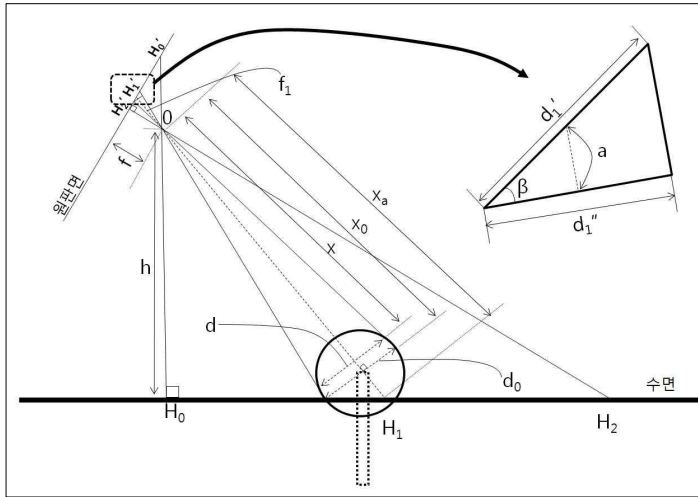


그림 2 구형부자가 사진영상의 중앙에서 벗어나 위치

if, $f_1 \ll x$ 이면, $d \approx d_0$ and $x \approx x_0$

$$f_1^2 = f^2 + (\overline{H_2'H_1'})^2$$

$$f_1 = \sqrt{f^2 + (\overline{H_2'H_1'})^2}$$

$$d_1'' : (f_1 - a) = d : x \rightarrow x = \frac{d}{d_1''} (f_1 - a)$$

$$\cos \beta = \frac{f}{f_1} \rightarrow \beta = \cos^{-1} \left(\frac{f}{f_1} \right)$$

$$a = \frac{d_1'}{2} \sin \beta, \quad d_1'' = d_1' \cos \beta$$

$$x = \frac{d}{d_1' \cos \beta} \left(f_1 - \frac{d_1'}{2} \sin \beta \right)$$

2.2 영상내 부자의 크기와 이동거리의 관계

2.2.1 실험조건

본 절에서는 실험에 의해 부자의 크기와 거리의 관계를 도출하고자한다. 실험은 두 가지로 행해졌으며, 실제거리에 따라서 부자를 1m간격으로 위치시키고 영상유속계로 촬영하여 거리에 따른 부자의 크기를 비교하고, 동시에 개수로 흐름에서 촬영된 영상을 이용해 측정된 부자의 크기와 거리를 비교하였다.

2.2.2 영상내 부자의 크기와 이동거리의 관계

개수로 실험은 다음 그림 3과 같이 진행되었으며, 평지에 부자를 위치시키고 촬영한 실험은 그림 4와 같이 진행하였다.

영상에서 부자의 크기에 실제 부자의 크기를 나누어 무차원화 된 구형부자의 직경(d_m/d_r)과 실제 촬영거리(x)를 비교하였다. 또한, 직경(d_m/d_r)과 기본이론에 의한 촬영거리 이용해서 다음 그림 5와 같이 나타내었다. 실험에서는 50m까지 측정을 하였으나 분석과정에서 20m 이상에서의 구형부자는 식별이 원활하지 않아 22m까지 정리되었다.



그림 3 부자이동거리 실험 1

영상의 분석은 1000×750의 해상도에서 진행되었으며 실제 직경으로 나누어 무차원화하였다.

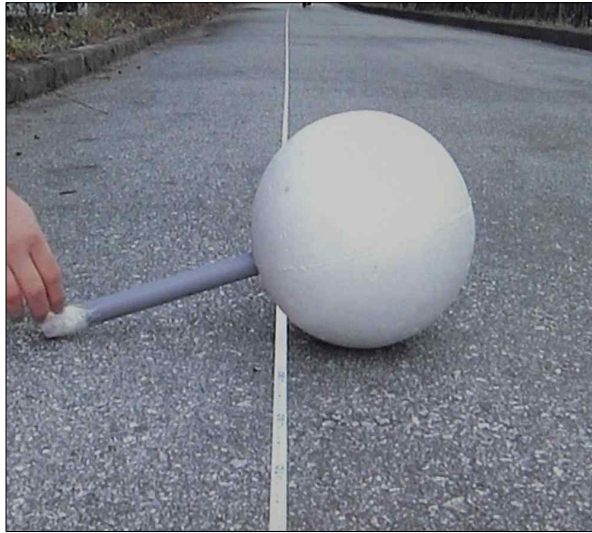


그림 4 부자이동거리 실험 2

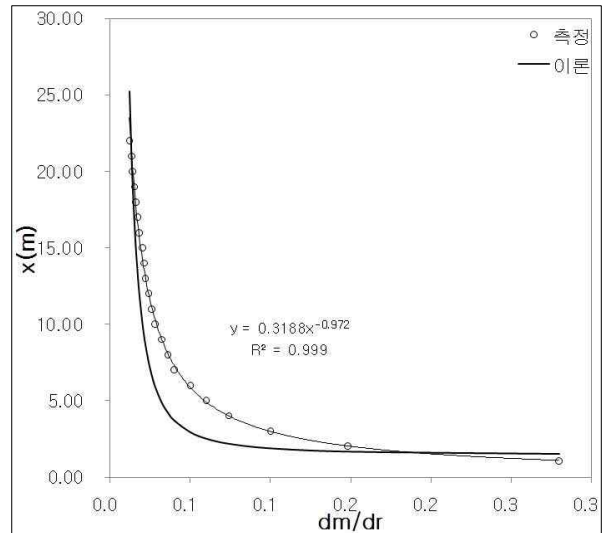


그림 5 영상에서 구형부자 직경의 무차원수와 실제촬영거리

산출된 실제촬영거리(x)를 이용하여 실제 이동거리를 산출하였다. 다음 그림 6은 수리실험을 통한 실제 거리와 이론에 의한 이동거리를 산출하여 비교한 그림으로 상관계수는 약 0.99로 보여졌다.

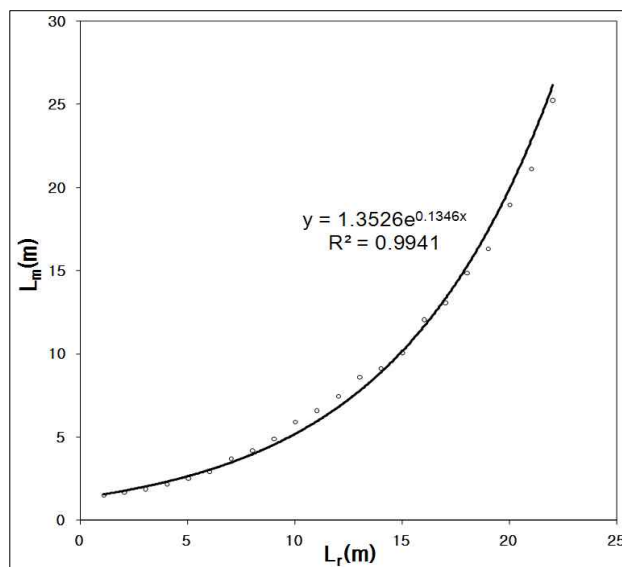


그림 6 부자의 실제 이동거리와 이론이동거리

3. 결론 및 향후연구방향

영상의 부자크기를 이용하여 실제 거리를 추정하는 방법은 실제 부자의 크기로 해상도 1000×750 영상에서 구형부자의 크기를 나누어 무차원화 한 뒤 이론식에 대입하여 실제 촬영거리를 산출하고 수심에서 촬영 고도와 삼각함수를 이용하여 부자의 실제 이동거리를 산출할 수 있다. 영상유속계 영상을 통해 무작위로 몇 점을 선정하여 관계식에 대입하였을 때, 실제거리의 오차는 3m를 기준으로 $\pm 0.12\text{m}$ 이내로 산정되었다. 이론식을 통해 산출된 촬영거리와 같이 비교하면 비슷한 양상을 보이지만 최대 5m까지 차이가 발생하였다. 이는 영상 관독 시 부자의 번짐에 의한 읽기오차에 의한 것으로 판단된다. 영상 내에서 부자의 크기는 극히 작기 때문에 약간의 착오가 큰 오차를 발생시킬 수 있다. 본 연구에서 오차의 원인은 읽기오차가 큰 비중을 차지하였다. 따라서, 본 연구의 실용화를 위해서는 읽기오차를 줄일 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업의 연구비 지원(과제번호# '08 지역기술혁신 B-01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 김호섭(2010), 초고속 카메라를 이용한 하천흐름의 유속 측정, 석사학위논문, 강릉원주대학교.
2. 한국수자원학회(2009), 국토해양부 승인 하천설계기준·해설, 건설교통저널.
3. 김호섭, 박상덕, 신승숙, 김건태(2009), 디지털영상을 이용한 산지하천의 홍수유속 측정, 한국방재학회 학술발표회.
4. 김호섭, 박상덕, 김건태, 신승숙, 이종국(2009), 초고속 카메라를 이용한 유속측정, 대한토목학회.