산지하천 만곡부의 홍수시 편수위 조사

Measurement of Flood Superelevation in Mountain River Bend

박상덕*, 김건태**, 김선정***, 당중안****, 신승숙*****

Sang Deog Park, Gun Tae Kim, Seon Jeong Kim, Truong An Dang, Seung Suk Shin

요 지

하천의 만곡부는 원심력으로 만곡 내측의 수면이 낮아지고 만곡 외측의 수면이 높아지는 수면 경사가 발생되며, 2차류 등의 발달로 흐름이 매우 복잡해진다. 특히 산지가 89%를 차지하는 강원도는 하천과 도로가 근접 발달되어 있어서 하천 만곡부의 편수위에 의한 수면상승과 세굴은 하천 제방을 파괴시키고 도로 피해로 이어진다. 산지하천 만곡부 곳곳에 많이 노출되어 있는 암초는 홍수시 유수의 원활한 소통을 막고, 편수위 상승을 더욱 가중시키고 있다. 만곡부의 편수위에 대해서는 이론적으로나 실험적으로 많은 연구가 이루어지고 있으나 암초와 같은 장애물이 많고 경사가 급한 산지하천을 대상으로 편수위를 연구는 사례는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 양양남대천 중상류의 법수치리 면옥치천 합류 전 만곡부에서 홍수시 편수위를 측정하고, 내린천의 인제군 미산리와 홍천군 광원리 각 만곡부에 수위측정장치를 설치해 편수위를 조사하였다. 양양남대천 법수치 만곡부는 그림 1과 같이 하도 내에 있는 암반의 영향으로 편수위가 2.145m를 나타내었고, 내린천은 광원지점에서 최대 1.15m, 미산지점에서는 1.18m로 관측되었다. 특히 내리천 미산지점의 만곡접근부에서는 하도 내에 있는 암초장애물의 영향으로 편수위가 2.17m로 기록되었다. 산지하천 만곡부 수충부에 존재하는 암초 장애물은 편수위를 더욱 가중시킬 수도 있고 계방천 송전교와 같이 저감시키는 역할을 할수 있다는 것이 본 조사연구에서 확인되었다. 하도 내 암초 장애물은 산지하천 만곡부에서 매우 흔하게 발견되는 특성이므로 자연장애물이 편수위에 미치는 영향에 대하여 향후 지속적으로 연구하고자 한다.

그림 1. 산지하천 만곡부 편수위 상승과 암초 장애물(양양남대천 면옥치천 합류전)

핵심용어 : 산지하천, 만곡수충부, 편수위, 암초 장애물

* 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 교수 · E-mail : sdpark@gwnu.ac.kr

** 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : hwell@naver.com

*** 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : mk0637@naver.com

**** 정회원 · 강릉원주대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : dang-trungan@yahoo.com

***** 정회원 · 강릉원주대학교 방재연구소 전임연구원 공학박사 · E-mail : cewsook@hanmail.net

1. 서론

자연하천은 직선보다 곡선으로 발달되어 있는 경우가 많아 만곡 수충부의 호안설계는 대부분 피할 수 없는 하천설계 요소이다. 일반적으로 곡선수로에서 흐름은 2차류 등의 발달로 매우 복잡하다. 더욱이 하천 만곡부에서 유수에 작용하는 원심력은 만곡부의 내측에서는 수면이 낮아지고 외측에서는 수면이 높아지는 수면경사의 원인이 된다. 일반적으로 상류흐름의 수면은 평탄하고 수면경사가 작은데 반해 사류흐름은 나선류와 교차파 등이 발달하여 수면경사가 크게 된다. 강원도 산지하천은 홍수시 유량이 급격히 증가하고 하상경사가 급하고 유속이 빨라 사류에 가까운 흐름을 나타내는 경우가 많으며, 수로 내에 노출된 급경사 암반구간에서는 사류가 발생하기도 한다. 게다가 산지가 89%를 차지하고 있어서 대부분의 도로가 하천과 인접하여 발달되어 있기 때문에 하천 수충부의 홍수는 도로피해로 직결되는 경우가 많다. 따라서 산지하천 수충부의 편수위에 의한 홍수피해를 줄이기 위해서는 만곡수충부의 홍수위와 하천특성간의 관계에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 강원도 영동지역 산지하천인 양양남대천의 만곡부에서 홍수시 편수위를 측정하고, 영서지역은 내린천의 인제군 미산리, 홍천군 광원리에 수위측정장치를 설치하여 홍수시 편수위를 조사하였다.

2. 홍수시 편수위 조사지점

산지하천의 편수위 조사지점은 양양남대천 및 계방천의 1개소와 내린천 2개소의 만곡부가 선정되었다. 홍수시 편수위 조사는 만곡부 횡단면 내측과 외측에 수위측정장치를 설치하거나 홍수시 수위를 직접 측량하는 방식으로 이루어졌다. 각 지점의 특성과 조사방법은 표1 및 그림 2와 같다.

표 1. 편수위 조사지점

구분	하천명	지점명	편수위 조사방식	하도 장애물
영동	양양남대천	법수치	수위측량	만곡 외측 암초
영서	계방천	송전교	수위측량, 압력식 수위계	만곡부 암초
	내린천	광원	수위측량, 압력식 수위계	
		미산	압력식 수위계	만곡 외측 및 접근부 암초

그림 2. 편수위 측정 만곡부(좌: 내린천, 우: 양양남대천)

3. 만곡부 편수위 조사결과 및 분석

3.1 편수위 측정결과

홍수시 관측된 편수위는 표 2와 같다. 여기서 2009년의 편수위 측정은 홍수시 수위측량에 의한 것이며 평균유속은 봉부자를 이용하여 측정하였다. 2010년의 편수위 측정은 만곡부내 주요 횡단면에 압력식 수위계를 설치하여 측정한 것으로서 유속은 수위-유량관계곡선의 미비로 미결상태이다. 영동지역의 양양남대천 면옥치천 합류부 상류의 법수치 지점에서 2009년 7월 12일 홍수시 직접 측량으로 측정한 편수위는 2.15m이었다. 이는 만곡부 외측에 있는 암초의 영향으로 암초 전면에서는 편수위가 더욱 가중되고 그 후면에서는 수위가 현저히 감소하는 것을 그림 3에서 확인할 수 있다. 계방천의 편수위는 만곡부 내측 및 외측에 있는 암초들의 영향으로 편수위가 작게 관측되었으나 암초 후의 만곡 외측에서는 1~1.5m의 정지파(standing wave)가 발생하였다. 광원지점에서는 2009년 1.42m, 2010년에는 1.15m의 편수위가 관측되었다. 미산지점은 1번 단면에서 편수위가 가장 크게 발생하였다. 만곡부인 3단면에서 1.18m의 편수위가 발생되었을 때 접근수로인 1단면에서는 편수위가 2.11m로 기록되었다. 만곡접근부 외측에 노출된 암초의 영향으로 동일한 홍수량에 대하여 만곡부보다 오히려 편수위가 증가하였다. 이는 산지하천 하도 내의 암초 장애물이 편수위에 큰 영향을 미치는 것을 나타낸다.

표 2. 편수위 측정 결과

하천명	지점	단면	측정일시	편수위(m)	평균유속(m/s)	비고
양양남대천	법수치		2009.7.12 18:00~18:26	2.15	2.77	외측암초
계방천	송전교		2009.08.12 15:52~16:25	0.49	3.96	만곡암초
내린천	광원		2009.08.12 17:16~17:40	1.42	5.10	
		1	2010.09.12 09:30	0.10		
		1	2010.09.12 09:46	0.14		
		2	2010.08.15 08:56	0.78		
		2	2010.09.12 10:06	1.15		
	미산	1	2010.08.26 09:16	2.06		외측암초
		1	2010.09.11 13:18	2.05		
		1	2010.09.12 10:04	2.04		
		1	2010.09.11 12:54	2.17		
		1	2010.09.12 10:12	2.11		
		1	2010.09.21 23:52	1.48		
		3	2010.09.12 10:40	1.03		
		3	2010.09.12 10:46	1.18		

그림 3. 법수치지점 만곡치 합류부 상류 편수위

3.2 만곡부 편수위에 대한 암초 장애물의 영향

내린천과 양양남대천에서 편수위를 관찰한 결과 편수위를 증가시키는 공통된 요인으로는 만곡부 외측에 노출된 암초의 영향이 크게 작용하였다. 그림 4는 편수위를 측정한 지점의 하도에 있는 암초 장애물을 나타낸 것이다. 내린천의 미산 1단면은 만곡접근부로서 직선하천에서 만곡구간으로 변하는 지점이지만 그 단면 외측에 있는 암초의 영향으로 만곡구간에 있는 단면 3보다 더욱 편수위가 증가하는 것으로 나타났다. 즉 단순히 만곡에 의한 원심력의 작용 뿐 만아니라 동일한 유량이라고 해도 하도 내 암초의 영향으로 편수위가 달라질 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한 그림 5에서 확인할 수 있듯이 양양남대천 법수치와 같이 만곡부 외측 암초의 상류는 정체현상으로 수위가 상승하며 그 하류는 수면이 급격히 낮아질 수 있다. 그러나 암초가 배치되는 상태에 따라서 편수위의 영향을 달리나타날 수 있는데 이는 계방천 송전교의 만곡부에서 확인할 수 있다. 이상과 같은 결과로 볼 때 산지하천 하도 내에 흔히 발견되는 암초 장애물은 편수위의 양상에 큰 영향을 미칠 수 있다. 급경사 하도 내의 암초 장애물이 단독 암초인 경우 그 배치위치와 한 단면에 여러 개가 있는 경우 배치형태에 따라서 편수위는 더 가중될 수도 있고 저감될 수도 있다.

그림 4. 편수위 조사지점의 암초 장애물(좌측: 계방천 송전교지점, 중앙: 내린천 미산, 우측: 양양남대천 법수치)

그림 5. 암반 상,하류의 수면변화

4. 결론

본 연구는 강원도의 전형적인 산지하천인 영동지역 양양남대천과 영서지역 내린천 및 계방천에서 만곡부의 편수위를 조사한 것이다. 조사된 최고 편수위는 내린천에서는 2.17m이었고 양양남대천에서 2.15m이었다. 내린천의 경우 암초 장애물이 있는 직선구간인 만곡접근부에서 편수위 2.11m가 암초가 없는 만곡부의 1.18m보다 높게 나타났다. 이는 편수위에 대한 영향이 만곡보다는 암반 장애물에 더 좌우될 수 있다는 것을 나타낸다. 또한 만곡외측 수충부에 있는 암초는 편수위를 가중시키고 그 상하류 사이에 큰 수위차를 유발하고 흐름특성이 현저히 달라질 수 있다. 또한 만곡부에 복수개의 암초장애물이 있는 경우에는 그 배치양상에 따라서 편수위를 저감시킬 수 있으며 암초 하류부에서는 매우 큰 정지파가 나타날 수 있다. 이는 산지하천에서 흔하게 발견되는 하도 내의 암초 장애물이 편수위와 만곡부의 흐름특성에 큰 영향을 미치는 것을 의미한다. 따라서 향후 산지하천 자연장애물이 편수위와 흐름구조에 미치는 영향을 지속적으로 연구하고자 한다.

감사의글

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

참고문헌

1. 수충부 및 토석류 방재기술 연구단, 산지하천도로 호우피해 방지를 위한 수충부 및 토석류 방재설계 선진화 기술개발(제2차년도 보고서), 2009.
2. 박상덕, 산지하천 수충부의 공학적인 문제와 과제, Vol. 42 No.6, 물과 미래, 2009.
3. 우효섭, 하천수리학, 청문각, 2007.
4. 이원환, 수리학, 문운당, 2009.