

식재된 하천에서의 조도계수 산정

Estimation of Roughness Coefficient in River with Vegetation

송중근, 김병찬*, 이종석**
국립한밭대학교

Song joong-geun, Kim byeong-chan*, Lee jong-seok
Hanbat National University

요약

종래의 하천정비기본계획에서는 하천의 중단구간별로 균일한 조도계수를 이용하여 수리계산을 해 왔으나, 본 연구에서는 식생유무에 따라 하천의 횡단면을 나누어 각 구간별 조도계수를 산정하고 이에 따른 수리계산을 실행하여 비교·분석하였다.

I. 서론

근래에 들어 하천 생태계의 중요성이 강조되면서 자연형 하천으로의 탈바꿈에 지대한 관심을 보이고 있다. 이러한 하천환경정비의 필수적 요소인 식생은 하천이용 증진, 수질개선, 하천경관 향상 및 물 서식처 형성 등 많은 순기능을 갖는다[1]. 그러나 홍수관리 측면에서의 식생은 하천의 흐름저항을 크게 하여 홍수시 수위를 증가시키는 악영향을 미치기도 한다[2]. 따라서 식생으로 인해 발생된 흐름저항은 수리 안정성에 직접적인 영향을 미치므로 이때의 흐름특성을 파악하는 것은 매우 중요하다.

본 연구에서는, 선정된 연구대상 수로구간에 기존의 식생밀도에 추가로 25%, 50%, 75%, 100%에 해당하는 식생을 하였다는 시나리오를 상정하고 이때의 조도계수 변화에 따른 수리 안정성을 분석하고자 한다.

II. 모형의 적용

2.1 유역현황

연구대상 지역인 양재천은 한강의 제 1지류인 탄천의

제 1지류로서 경기도 과천시 청계산에서 발원하여 서울시를 북동쪽으로 유하하여 탄천에 합류하는 하천이다 [3]. 본 연구에서는 양재천 중·상류에 속하는 측정 No.136~No.125까지의 약 500m구간으로 선정하였고 계획하폭은 약 50m, 하상경사는 1/361로 유역전체에 비해 다소 큰 것으로 나타났다. 대표입경 d_{50} 은 1.7mm인 자갈하천으로 도시하천에서 흔히 볼 수 있는 복단면 하도로 이루어져 있다.

2.2 조도계수 산정

연직 2차원 수리해석에 사용될 자료는 하천 단면, 윤변, 동수반경, 하상경사, 식생 밀도 그리고 나무직경 등이 필요하다[4]. 이 중 하천 단면과 같은 수리학적 요소는 HEC-RAS를 이용하여 산출하였다. 홍수터 양안에는 교목은 식재하지 않고 관목만을 식재하는 것으로 가정하였고, 식생의 직경은 관목의 평균직경인 3.1cm를 사용하였다.

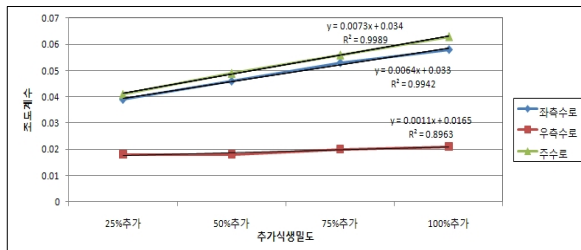
추가할 식생의 밀도는 표 1과 같이 연구대상지역의 현재 식생에 $100m^2$ 당 각각 25%, 50%, 75%, 100%의 비율로 증가시켜, 식생을 추가한 좌·우측수로와 식생이 없는 주수로로 분할하여 각 밀도에 따른 조도계수의

증감을 산정하였다. 계산된 밀도에 따른 조도계수의 변화량 관계식은 그림 1에 나타내었다.

표 1. 식생밀도별 조도계수의 산정

밀도	조도계수		
	좌측수로	주수로	우측수로
기존 식생밀도*	0.033	0.033	0.033
25% 추가(8.5그루/100m ²)	0.039	0.018	0.041
50% 추가(17그루/100m ²)	0.046	0.018	0.049
75% 추가(25.5그루/100m ²)	0.053	0.019	0.056
100% 추가(34그루/100m ²)	0.058	0.021	0.063

주)* 대동천 등 7개 하천정비기본계획, 2005.



▶▶ 그림 1. 식생밀도별 조도계수의 증가

2.3 홍수위 산정

각 밀도에 따른 홍수위의 산정은 HEC-RAS 프로그램을 이용하였다. 프로그램에 사용되는 계획홍수량 506m³/s(50년 빈도) 및 계획홍수위 20.86m는 하천정비기본계획의 값을 사용하였다[3]. 지형자료의 구성은 하천정비기본계획의 종·횡단면 자료와 1:5,000 수치지도를 이용하였다. 표 1의 각 밀도별 조도계수를 이용하여 식생 전·후의 수리특성을 HEC-RAS 모형으로 모의한 결과, 표 2와 같은 상승폭을 나타냈다.

표 2. 홍수위산정

항목 거리 (m)	계획 홍수위 EL.m	좌측 제방 EL.m	우측 제방 EL.m	실측 하천 EL.m	HEC-RAS			
					25% 추가	50% 추가	75% 추가	100% 추가
500	22.92	23.84	23.05	22.72	22.45	22.74	22.81	22.85
450	22.69	23.81	23.60	22.44	22.50	22.83	22.90	22.93
400	22.64	23.40	23.16	22.11	22.48	22.85	22.91	22.93
350	22.60	23.05	23.20	22.16	22.64	22.97	23.03	23.03
300	22.16	22.77	23.20	22.13	22.48	22.75	22.80	22.77
250	21.95	22.72	23.40	21.91	22.01	22.25	22.34	22.75
200	21.75	22.64	23.72	21.74	22.22	22.51	22.61	22.89
150	21.72	22.25	24.03	21.72	21.97	22.10	22.15	22.20
100	21.44	22.22	22.00	21.42	21.15	21.28	21.32	21.33
50	21.32	22.23	23.41	21.30	20.94	20.93	20.99	21.06
0	21.06	22.07	23.11	21.06	20.90	20.90	20.93	20.96
평균	22.02	22.82	23.26	21.88	21.98	22.19	22.25	22.34

하천설계기준[5]에 따르면 하천제방의 여유고는 계획홍수량이 500m³/s 이상일 때 1.0m 이상으로 정하고 있는데, 이 여유고를 만족하는 밀도는 25%추가 식생을 할 경우로 나타났다. HEC-RAS모형으로 식생 전·후 상류단의 평균유속분포와 유량을 비교해 보면 조도계수가 높아진 좌·우측 수로의 경우 평균유속이 크게 감소하여 통수능을 저하시켜 홍수위의 상승을 야기한다는 것을 확인할 수 있었다(표 3참조).

표 3. 식생 전·후 상류단의 유속 및 유량분포

항목	식생 전			식생 후		
	좌측 수로	주수로	우측 수로	좌측 수로	주수로	우측 수로
조도계수	0.033	0.033	0.033	0.039	0.018	0.041
단면적(m ²)	40.5	100.74	11.90	41.36	101.88	12.18
평균유속(m/s)	2.45	3.80	2.05	1.25	4.34	1.01
유량(m ³ /s)	99.22	382.81	24.39	51.70	442.15	12.30

표 3에 나타난 바와 같이 좌·우측수로에만 식생을 했기 때문에 식생 전·후 주수로에서의 조도계수는 좌·우측수로 보다 현저히 낮아졌다. 그 결과 상대적으로 주수로의 평균유속은 빨라져 통과하는 유량이 증가하는 것으로 나타났다.

III. 결론

본 연구에서는 대상구간에 대하여 기존의 식생밀도에 추가로 식생하여 조도계수를 산정한 후, 홍수위에 안정한 추가식생밀도를 HEC-RAS모형으로 검토하였다.

1. 연직 2차원 수리해석 방법을 이용하여 기존 식생에 추가할 식생의 밀도를 $100m^2$ 당 각각 25%, 50%, 75%, 100%의 비율로 증가시켜 각 밀도에 따른 조도계수의 변화를 산정하였다. 그 결과 식생이 있는 좌·우 수로는 25%씩 식생을 추가할 때마다 약 15%, 식생이 없는 주수로의 경우 약 6%의 비율로 일정하게 증가하는 것으로 보아 식생밀도에 따른 조도계수의 변화가 선형으로 비례하는 것으로 나타났다.

2. HEC-RAS모형으로 홍수위 산정을 한 결과, 수위가 제방고를 월류하지 않는 추가 식생밀도는 50%로 나타났다으나 계획홍수위와 계획홍수량 $506m^3/s$ 에 따른 여유고 1m를 만족하는 추가 식생밀도는 25%인 것으로 산정되었다. 즉 대상구간 $100m^2$ 당 평균직경 3.1cm의 관목 8.5 그루를 추가 식생 한다면 홍수위에 대한 수리안정성이 확보될 것이라 판단된다.

3. 추가 식생에 따른 조도계수의 산정과 그에 따른 수리안정성의 모의를 하천의 유형(도시/농촌/산지하천) 별, 규모(대/중/소/실개하천)별로 더 많이 실시하여 이에 따른 상관관계를 분석한다면 각 하천별로 적합한 추가 식생의 수종과 밀도를 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

[4] 건설교통부, 하천에서 나무심기 및 관리에 관한 기준(안), pp.47-76, 2007.

[5] 한국수자원학회, 하천설계기준·해설, 2009.

■ 감사의 글 ■

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심B01 제4-1세부과제; 수리안정성 검토)에 의해 수행되었습니다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 송중근, 김병찬, 이종석 “하천식생 복원모형의 홍수위 분석과 하상변동 예측”, 한국콘텐츠학회 2009 춘계종합학술대회 논문집(상), pp.437-441, 2009.
- [2] 이준호, 윤세의 “개수로에서 식생에 의한 수리특성 변화에 관한 실험적 연구”, 한국수자원학회 논문집, 제40권, 제3호, pp.265-276, 2007.
- [3] 서울특별시, 대동천 등 7개 하천정비기본계획, 2005.