

# 소하천에서의 조도계수 산정방법에 대한 비교연구

## Comparative Study on Estimation of Roughness Coefficients in Small Stream

이용신\*, 이상복\*\*, 김극수\*\*\*  
Yong Shin Lee, Sang Bok Lee, Keuk Su Kim

### 요 지

조도계수를 산정하는 데는 수많은 방법이 있다. 그러나 일반적으로 하천정비기본계획(또는 댐 실시설계보고서 등 각종보고서)의 조도계수를 그대로 적용하거나, 기준이 모호한 조도계수정보테이블(Roughness Coefficients Information Table)을 이용하고 있다. 하천의 이용은 시대에 따라 달라지며 최근 하천정비 사업의 급속한 진행으로 하천정비기본계획의 조도계수 또한 하천형상을 정확히 반영하기 어려운 현실이다. 소하천의 경우 하천정비기본계획 마저 수립되어 있지 않은 경우도 있어 조도계수로 인한 하천모의에 영향은 매우 크다. 따라서 소하천의 정확한 모의를 위해서는 소하천에 적합한 조도계수 산정방법에 대한 비교분석이 선행되어야 한다. 그러므로 본 연구에서는 실제 소하천에서 획득한 실측자료로부터 다양한 조도계수 산정방법을 적용하여 그 결과를 비교·분석하였다.

**핵심용어** : 조도계수, 소하천, DPMO, 수위-유량관계곡선

## 1. 서 론

국내 하천의 조도계수에 관한 통계적·물리적인 접근은 오랜 기간동안 다양하게 이루어져왔다. 이는 과거 치수·이수목적에서부터 최근 하천의 환경적, 여가선용적인 측면까지 하천을 활용하기 위한 정확도있는 하천 모델링을 목적으로 수행되어왔다. 그러나 이러한 연구들은 대부분 대규모 하천에서 이루어졌으며, 동일한 방법만으로는 소하천에서의 모의 신뢰도를 향상시키기에는 부족한 부분이 많다. 최근 이·치수 및 환경개선 사업의 일환으로 소규모 하천에 대한 정비가 활발하게 이루어지고 있다. 따라서 조도계수 산정기법을 다양한 방법을 통해 분석하고, 데이터 축적을 통한 국내 소하천에 적합한 조도계수에 대한 중·장기적인 접근이 필요하게 되었다.

## 2. 본 론

### 2.1 소하천 데이터 획득

본 연구에서는 댐예정지 상류 지점에 대하여 평·갈수위에서부터 풍수위에 이르기까지 다양한 범위에 대하여 유량을 실측하였다. 대상유역은 유역면적이 약 41km<sup>2</sup>이며, 모의대상하천인 A하천

\* 정회원 · 한국수자원공사 경북지역본부 대리 · E-mail : ocean47@kwater.or.kr

\*\* 정회원 · 한국수자원공사 경북지역본부 차장 · E-mail : lsb@kwater.or.kr

\*\*\* 정회원 · 경북대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : logic4@nate.com

은 저수지로부터 약 5.6km의 수로연장을 가진다. 그림1과 같이 상류 2개 하천이 저수지로 유입되며, 대상지점에서 실측한 수위-유량은 표 1에 나타내었다. 유속측정은 평·갈수기 도보형(회전식) 유속계를 이용하였으며, 홍수기는 전자파표면유속계를 이용하였고, 평균단면법을 이용하여 유수단면적과 유량을 산정하였다.

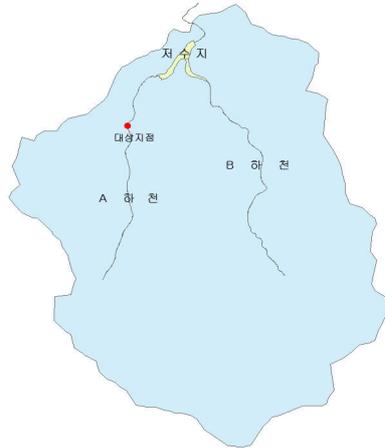


그림 1. 대상지점 위치도

표 1. 실측 수위-유량

수위	유량	수위	유량
1.686	38.0	5.783	54.0
3.056	47.0	6.646	55.0
3.577	49.0	6.906	57.0
4.165	53.0	7.802	65.0
4.334	55.0	8.727	67.0
4.606	55.0	11.392	76.0
5.181	52.0	29.955	120.0
5.539	59.0	46.838	141.5

아울러 대상하천은 임하댐 상류에 위치한 하천정비기본계획이 수립되지 않은 소하천으로, 지형자료 구축을 위해 DGPS와 광파거리측정기를 이용하여 대상지점 상·하류 5km에 대한 중·횡단측량을 실시하였다.

## 2.2 모형 구축

실측된 수위-유량자료와 중·횡단측량 자료를 이용하여 HEC-RAS Geometry를 구성하였으며, 상류단 경계조건으로 실측된 유량을, 하류단 경계조건으로 하류 저수지 조절수위를 이용하였다.

## 2.3 조도계수 산정방법의 적용

대상하천에 적합한 조도계수 산정방법을 확인하기 위하여 댐 실시설계보고서의 조도계수, 조도계수 정보테이블, USGS 사진대지, SCS 조도계수 산정기법 및 ncalc 모형을 이용한 역산조도계수 산정기법을 적용하여 조도계수를 산정하였다. (소하천에서는 홍수흔적조사 등이 제대로 이루어지지 않으므로, 홍수흔적법은 적용성에 한계가 있어 본 연구에서는 제외하였다.)

### 2.3.1 댐 실시설계보고서(n=0.035) 이용

본 연구에서 첫 번째 모의조건으로 현재 소하천에서 주로 사용되고 있는 일괄조도계수(n=0.035)를 이용하여 모의하였다. 모의결과는 본 연구에서 대조군으로 활용하였다.

### 2.3.2 조도계수 정보 테이블(Manning's n Information Table)

하천의 식생과 하상재료 등에 대한 정보를 가지고 가장 쉽게 조도계수를 추정할 수 있는 조도계수 정보 테이블의 값을 이용하였다. 하천 식생과 하상재료는 하천 중·횡단측량 시 21개 구간별

로 촬영한 사진자료를 이용하였으며, 조도계수 정보 테이블에서 제공하는 조도계수를 구간별로 적용하여 모의하였다.

### 2.3.3 USGS 사진대지

USGS(미 지질조사국)에서는 미국의 수많은 하천에 대하여 조도계수를 산정해 놓았다. 다양한 하천의 사진과 함께 식생 및 하상재료 특성에 대한 설명을 제공하고 있으므로, 대상하천에 대하여 가장 비슷한 특성을 가진 조도계수를 사진대지를 통하여 산정하여 모의에 활용하였다. 그림2는 대상하천의 21개 구간에 대한 사진대지 결과이다.



그림 2. 구간별 사진대지

이 방법은 기지의 조도계수를 가진 하천의 사진과 하상특성에 관한 기술을 바탕으로 조도계수를 비교하여 산정할 수 있기 때문에 조도계수 정보 테이블을 이용한 방법보다 정확도가 높다고 할 수 있다. 그러나 미국 하천과 국내 소하천의 경우에서 동일한 값을 가질지에 대해서는 더 논의해 보아야 할 것이다.

### 2.3.4 SCS 조도계수 산정법

SCS 조도계수 산정방법은 미국의 토양보전국(SCS)에서 제안한 개수로 조도계수를 추정하는 기법으로 수로 재질의 구분에서부터 시작하여 흐름 저항에 영향을 주는 요소를 하나씩 고려하여 최종적으로 대상 수로의 조도계수를 구하는 방법이다.(Urquhart,1975)

하상재료 특성에 의해 기본조도계수 값이 산정이되면 2단계 식생의 영향, 3단계 수로 불규칙성의 영향, 4단계 장애물의 영향, 5단계 수로선형정도의 단계를 거치면서 기본 조도계수값을 대상하천에 적합하도록 보정한다.(하천수리학, 우효섭)

### 2.3.5 역산조도계수 산정법

역산조도계수 산정법은 수로경사가 균일하고 긴 경우 현장에서 실측된 수위-유량을 가지는 단면사이의 조도계수를 일정하다고 가정하고 수위-유량관계로 부터 구간사이의 조도계수를 Manning의 공식으로부터 역산하여 계산하는 방법이다. 본 연구에서는 ncalc모형을 이용하여 전 하도에 대하여 수로경사가 균일하다는 가정하에 조도계수를 산정하였다. 이 방법은 주로 조도계수의 검증용 목적으로 사용되며, 구간별로 조도계수를 주기위해서는 실측지점이 여러곳이어야 한다.

## 2.4 모의결과 분석

산정된 각각의 조도계수를 HEC-RAS 모형에 적용하였으며, 모의된 수위와 실측수위와의 차이를 Minitab 통계분석모형을 이용하여 분석하여 표준편차(S), 상관도(R<sup>2</sup>) 및 ±5cm 차이를 초과하는 범위에 대한 불량률(DPMO)로 나타내 비교하여 표 2와 같은 결과를 얻었다. 표 3은 엔지니어들이 실무에서 활용하기에 적합한지 여부를 사용성(편리성), 소요시간, 주관성, 정확성의 4개의 항목으로 각 기법의 특성을 비교하였다.

표 2. 모의결과 통계분석

	n=0.035	조도계수 테이블	USGS사진대지	SCS	역산조도계수
표준편차(S)	4.39470	4.18312	3.83028	3.39502	4.00709
R <sup>2</sup>	97.6%	97.8%	98.2%	98.6%	98.0%
DPMO	342,396	255,139	252,686	246,602	249,511

표 3. 조도계수 산정기법 특성비교

조도계수 산정기법 (Type)	분 석 결 과				최종 결과
	사용성	소요시간	주관성	정확성	
A. 댐실시설계보고서	Good	Short	High	Poor	Poor
B. 조도계수 정보 테이블	Good	Short	High	Fair	Poor
C. USGS 사진대지	Fair	Long	Medium	Good	GOOD
D. SCS 조도계수 산정	Good	Medium	Low	Good	GOOD
E. 역산조도계수	Poor	Medium	Very Low	Good	FAIR

## 3. 결 론

소하천에 적합한 조도계수 산정방법에 대한 확인/검증을 위해 실제하천에 5가지 조도계수 산정방법을 이용하여 조도계수를 산정하였고, 실측으로 구축된 지형자료를 이용하여 모의한 결과 하천의 물리적형상 반영, 적용성 우수, 비주관적인 특성을 가진 SCS조도계수 산정법이 통계분석결과 전반적으로 우수한 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 대상하천의 특성과 하상재료, 식생 등 다양한 인자의 영향을 받으므로 실제 모의하천에 가장 적합한 기법을 분석한 후 적용하는 것이 소하천의 모의 정확성을 극대화 시킬 수 있는 방안일 것이다.

## 감 사 의 글

본 연구는 한국수자원공사 6시그마 3차과제(제목 : “조도계수 산정방법의 개선을 통한 수위-유량관계곡선의 신뢰도 향상”)로 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. 이찬주, 김원, 김지성(2007). 국내하천의 조도계수 산정 방법 분석, 2007년 한국수자원학회 학술발표회논문집, 한국수자원학회.
2. 우효섭(2006), 하천수리학, pp. 107-114
3. HEC(2007). HEC-RAS 4.0 User's Manual, US Army Corps of Engineers.