

하상재료 입경크기에 따른 조도계수 변화 분석

Analysys of Roughness Coefficients Due to Bed Material Size

김용전*, 이찬주**, 김지성***, 김원****

Yong Jeon Kim, Chan Joo Lee, Ji Sung Kim, Won Kim

요 지

본 연구에서는 국내하천을 대상으로 하상재료에 따른 조도계수 변화를 분석하였다. 조도계수 분석은 수위, 유량, 하천 단면 등을 직접 측정하여 미지질조사국에서 개발한 ncalc모형을 이용하였고 하상재료 분석은 ISO4364, ISO9195 기준으로 실시하였다. 조사 대상하천은 총 17개 하천으로 거석, 호박돌, 자갈, 모래 등 다양한 하상재료 특성을 반영할 수 있는 지점으로 선정하였다. 하상재료 크기 D_{50} 을 기준으로 하여 모래·자갈 혼합 하천이라 할 수 있는 2mm~32mm 구간, 자갈 하천인 32mm~64mm 구간, 호박돌 하천인 64mm~128mm, 거석 하천인 128mm 이상으로 구분하였다. 분석 결과 실측 자료를 이용하여 계산된 조도계수는 유량에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 고유량에서 0.04이하로 수렴하는 결과를 보였다. 이를 하상재료 크기에 따라 구분 지을 경우 입경이 커질수록 유량에 따른 변화 폭이 커지는 것으로 나타났다. 하상재료 입경의 크기가 64mm 이하인 하천의 경우 조도계수 변화 범위가 최대 0.02 로 나타난 반면 입경크기가 64mm이상인 하천에서는 최대 0.20 까지 나타나는 결과를 보였다. 조도계수는 일반적으로 수위 증가에 따라 흐름에 저항을 주는 요인들이 침수되면서 감소한다고 보고되었다. 하천의 하상재료 입경이 클 경우 저수위에 하상재료에 의한 저항요인이 크게 발생되어 수면경사, 흐름 특성 등 조도계수에 영향을 주는 요인들이 생기는 것으로 판단된다.

핵심용어: 조도계수, 하상재료 입경크기, 실측자료

1. 서 론

조도계수는 흐름에 대한 하도의 저항 정도를 표시하며 하천의 종횡단 형상, 조도상황의 변화 특성을 나타내는 지표로서 하도 계획을 수립하는데 가장 중요한 매개변수의 하나이다.

외국의 경우 Azmon(1992)은 Soseq 강에서 10년간 수집된 홍수기 자료를 사용하여 Manning 조도계수를 산정하고 결과를 비교하였다. 미국 지질조사국(USGS)에서는 식생, 하도 특성, 하상재료 등 다양한 실측자료를 이용한 조도계수 산정 연구가 진행되고 있다.

Strickler(1923)는 고정상 하천에서 Manning 조도계수가 하상재료 직경의 1/6승에 비례하는 것을 발견하였다. 이후로 Strickler 형태의 다양한 경험식들이 개발되었다. Hick`s(1998)는 뉴질랜드

* 한국건설기술연구원 하천·해안항만연구실 연구원·E-mail : wasu3ri@kict.re.kr
** 한국건설기술연구원 하천·해안항만연구실 연구원·E-mail : c0gnitum@kict.re.kr
*** 한국건설기술연구원 하천·해안항만연구실 박사후연구원·E-mail : jisungk@kict.re.kr
**** 한국건설기술연구원 하천·해안항만연구실 책임연구원·E-mail : wonkim@kict.re.kr

전역에 걸친 78개 하천 구간에 대한 조도계수와 수리 인자를 3년 동안 측정하여 제시하고 있으며 이를 통해서 다른 하천의 조도계수 산정시 적정성을 판단할 수 있는 기준으로 삼고자 하였다. 여기에서 제시된 자료들은 뉴질랜드 하천의 고유한 하도 규모, 하상 경사, 하상 재료, 식생 및 유량 특성을 반영하고 있다.

본 연구에서는 17개의 국내하천을 대상으로 하상재료 입경크기에 따른 조도계수 변화를 알아 보기 위해 Hick`s(1998) 자료집에서 제시한 것과 마찬가지로 5개 구간으로 하천을 분류하고, 유량에 따른 조도계수 변화를 알아보았다.

2. 조사 대상 하천

본 연구의 조사 대상 하천은 총 17개의 국내 하천으로 모래, 자갈, 호박돌 등 다양한 하상재료를 가지며, 지류 유입이 없고 하폭 5~7배의 직선형 하도를 가지는 구간이며, 실측 자료 수집에 있어서 수위, 유량 등에 영향을 줄 수 있는 교량, 보 등의 구조물이 있는 구간은 피하여 하상재료가 조도계수에 미치는 영향을 극대화하였다(표 1).

표 1. 조사 대상 지점 현황

| 하천명 | 지점 | 하상재료 | 입경 크기 | | | 직선거리 (m) | 하폭 (m) |
|------|------|-------|------------------|------------------|------------------|-------------|-----------|
| | | | d_{16} (mm) | d_{50} (mm) | d_{84} (mm) | | |
| 섬진강 | 곡성 | 자갈/거석 | 110.08 | 256.00 | 774.92 | 972 | 160 |
| 평창강 | 방림 | 자갈 | 44.80 | 106.31 | 222.48 | 760 | 120 |
| 달천 | 괴산 | 호박돌 | 71.65 | 148.36 | 247.27 | 1877 | 120 |
| 금강 | 현도 1 | 자갈/모래 | 33.03 | 70.24 | 123.32 | 1007 | 200 |
| 금강 | 현도 2 | 자갈/모래 | 74.67 | 135.11 | 221.54 | 1024 | 300 |
| 홍천강 | 서면 | 호박돌 | 36.13 | 75.79 | 148.76 | 1230 | 280 |
| 금강 | 이원 | 자갈/모래 | 1.98 | 44.06 | 158.30 | 1054 | 260 |
| 내성천 | 평은 | 자갈 | 0.82 | 3.08 | 4.77 | 972 | 180 |
| 탄천 | 북정 | 자갈 | 1.76 | 23.65 | 63.24 | 1056 | 160 |
| 만경강 | 고산 | 자갈 | 41.14 | 88.89 | 192.00 | 450 | 200 |
| 금호강 | 동촌 | 자갈 | 27.43 | 64.00 | 149.33 | 300 | 275 |
| 홍천강 | 화촌 | 자갈 | 36.92 | 86.59 | 197.82 | 600 | 200 |
| 한천 | 덕산 | 모래 | 0.56 | 1.60 | 4.50 | 251 | 80 |
| 내성천 | 향석 | 모래 | 0.56 | 1.20 | 2.50 | 700 | 300 |
| 남강 | 정암 | 모래 | 0.13 | 0.46 | 1.30 | 800 | 320 |
| 탄천 | 성남 | 자갈/모래 | 29.33 | 56.38 | 106.67 | 372 | 225 |
| 풍영정천 | 월곡 | 모래 | 0.36 | 0.90 | 1.80 | 600 | 80 |



그림 1 조사 대상 지점 현장 사진

조도계수 산정에 필요한 실측 자료인 수위는 하천에 직접 자동 수위 기록 센서를 설치하여 측정하였고, 하천 단면의 경우 측량기를 이용하여 직접 실시하였다. 유량 자료는 유량조사사업단 자료 또는 실측 자료를 이용하여 수집하였다. 또한, 하상재료 입경 크기는 ISO4364, ISO9195의 기준을 고려하여 측정하였다.



그림 2 실측 자료 수집

3. 조도계수 분석

1998년 Hicks and Mason은 뉴질랜드 78개 하천을 대상으로 하상재료(d_{50}) 크기에 따라 모래하천이라 할 수 있는 2mm 이하 구간, 모래·자갈 혼합 하천이라 할 수 있는 2mm~32mm 구간, 자갈 하천인 32mm~64mm 구간, 호박돌 하천인 64mm~128mm, 거석 하천인 128mm 이상으로 하천을 분리하고 유량 변화에 따른 수면경사 변화 정도를 분석하였다.

본 논문에서는 하상재료 입경 크기가 조도계수 변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 17개의 하천

을 Hicks and Mason 과 같은 5개의 구간으로 나누어 분리하여 분석하였다(표 2).

표 2 하상재료 크기에 따른 구간 분리

| 구간 (mm) | 하천명 | 지점 | 입경 크기 d_{50} (mm) |
|----------|------|------|---------------------|
| ~ 2 | 남강 | 정암 | 0.46 |
| | 풍영정천 | 월곡 | 0.90 |
| | 내성천 | 향석 | 1.20 |
| | 한천 | 덕산 | 1.60 |
| 2 ~ 32 | 내성천 | 평은 | 3.08 |
| | 탄천 | 북정 | 23.65 |
| 32 ~ 64 | 금강 | 이원 | 44.06 |
| | 탄천 | 성남 | 56.38 |
| | 금호강 | 동촌 | 64.00 |
| 64 ~ 128 | 금강 | 현도 1 | 70.24 |
| | 홍천강 | 서면 | 75.79 |
| | 홍천강 | 화촌 | 86.59 |
| | 만경강 | 고산 | 88.89 |
| | 평창강 | 방림 | 106.31 |
| 128 ~ | 금강 | 현도 2 | 135.11 |
| | 달천 | 괴산 | 148.36 |
| | 섬진강 | 곡성 | 256.00 |

3.1 하상재료 입경 크기에 따른 조도계수 변화

표 2에서 5개 구간으로 분리한 하천을 대상으로 실측 수위자료, 유량자료, 단면자료로부터 조도계수를 계산하였고, 유량에 따른 변화를 알아보기 위하여 그림 3에 나타냈다. 분석 결과 실측 자료를 이용하여 계산된 조도계수는 유량에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 고유량에서 0.04이하로 수렴하는 결과를 보였다. 이를 하상재료 크기에 따라 구분 지을 경우 입경이 커질수록 유량에 따른 변화 폭이 커지는 것으로 나타났다. 하상재료 입경의 크기가 64mm 이하인 하천의 경우 조도계수 변화 범위가 최대 0.02로 나타난 반면 입경크기가 64mm이상인 하천에서는 최대 0.20까지 나타나는 결과를 보였다. 조도계수는 일반적으로 수위 증가에 따라 흐름에 저항을 주는 요인들이 침수되면서 감소한다고 보고되었다. 하천의 하상재료 입경이 클 경우 저수위에서 하상재료에 의한 저항요인이 크게 발생되어 수면경사, 흐름 특성 등 조도계수에 영향을 주는 요인들이 생기는 것으로 판단된다.

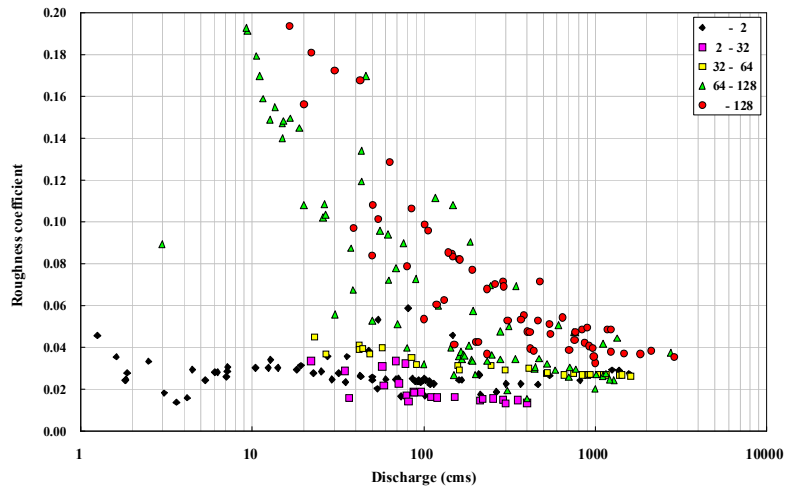


그림 3 하상재료 입경크기에 따른 조도계수 변화

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06 건설핵심B01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 김지성, 이찬주, 김 원 (2007). "실측 수위에 의한 자갈하천의 조도계수 산정." 한국수자원학회 논문집, 제40권 제10호, pp. 755-768.
2. 우효섭 (2001). 하천수리학, 청문각.
3. Hicks, D.M. and Mason, P.D. (1991). Roughness characteristics of New Zealand Rivers, DSIR Marine and freshwater, Wellington.
4. Strickler, A. (1923). "Beitrage zur Frage der Geschwindigkeitsformel und der Rauigkeitszahlen fur Strome, Kanale und geschlossene Leitungen." Mitteilungen des Eidgenossischen Amtes fur Wasserwirtschaft 16, Bern, Switzerland (Translated as "Contributions to the question of a velocity formula and roughness data for streams, channels and closed pipelines." by T. Roesgan and W. R. Brownie, Translation T-10, W. M. Keck Lab of Hydraulics and Water Resources, Calif. Inst. Tech., Pasadena, Calif. January 1981).