

# 유역 분할에 따른 유출변화 연구

## A Study on the Change of Runoff due to Dividing Watershed.

유승혁\*, 이재근\*\*, 안재현\*\*\*

Seung Hyuk Yoo, Jae Geun Lee, Jae Hyun Ahn

### 요 지

수자원분야에서 강우-유출의 해석은 홍수의 분석 및 수자원 이용의 측면에서 가장 중요한 문제이다. 유역의 물리적 특성이 반영된 정확한 홍수량의 산정을 위해 유역의 지형인자 및 수문모형의 매개변수 추출에 대한 연구가 폭넓게 진행되고 있다. 그러나 아직까지 이러한 방법들에 대한 명확한 기준은 정립되지 못한 상태이다.

본 연구에서는 소유역 분할에 따른 영향분석을 위해 단일유역과 다수유역으로 구분하였고, 대상유역의 소유역분할에 따른 유역면적, 유로연장, 경사 등의 매개변수를 산정하여 도달시간, 저류상수, CN 등을 결정하고, 홍수량 산정결과의 민감도 분석 및 검토를 수행하였다. 또한 유역별 하도에서의 직접도달시간과 최원점에서의 도달시간을 산정하는 경우로 구분하여 유로연장의 조건별 영향을 분석하였다. 분석결과 일정 유역분할 이후에는 유역분할이 유출모의 결과에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었고, 소유역 분할에 따른 홍수량 증가 영향과 유로연장의 조건별 영향이 크지 않음을 판단할 수 있었다.

**핵심용어 : 유역분할, 첨두홍수량, 매개변수, 유로연장, 도달시간**

### 1. 서론

수자원분야에서 강우-유출의 해석은 홍수의 분석 및 수자원 이용의 측면에서 가장 중요한 문제이다. 최근 유역의 물리적 특성이 반영된 정확한 홍수량의 산정을 위해 유역의 지형인자 및 수문모형의 매개변수 추출에 대한 연구와 유역을 다수의 소유역으로 분리함으로써 유역의 공간적 변화특성 살펴보는 연구가 진행되고 있다. 그러나 아직까지 이러한 방법들에 대한 명확한 기준은 정립되지 못한 상태이다.

국내에서는 홍수량 산정을 위해 단위도의 합성 방법으로 Clark 단위도를 가장 일반적으로 사용하고 있다. 그러나 Clark 단위도의 적용을 위한 필수 매개변수인 도달시간과 저류상수는 홍수량의 결정에 너무 민감하게 작용한다. 또한 유역특성의 변화로 인한 매개변수의 변화는 홍수량의 결정에 가장 큰 영향을 미치고 있다. 따라서 적절한 홍수량의 계산을 위해서는 합리적인 도달시간과 저류상수 값들이 추정되어야 한다.

\* 서경대학교 도시환경시스템공학과 석사과정  
Graduate student, Department of Civil Engineering, Seokyeong University (E-mail : close20@skuniv.ac.kr)

\*\* 서경대학교 도시환경시스템공학과 석사과정  
Graduate student, Department of Civil Engineering, Seokyeong University (E-mail : sepilove@skuniv.ac.kr)

\*\*\* 서경대학교 토목공학과 조교수  
Assistant professor, Department of Civil Engineering, Seokyeong University (E-mail : wrr@skuniv.ac.kr)

미계측 유역에서 저류상수를 추정하기 위해 유도된 식들은 실무자가 자연유역에서 결정하기 어려운 수리학적 인자와 지형도에서 추출하기 어려운 지형학적 인자로 유도된 것이 대부분이다. 이와 같이 Clark 모형은 홍수량 산정시 이론적으로 우수한 배경을 가지고 있으나 매개변수의 추정의 어려움 때문에 실무에서의 적용이 쉽지 않다(윤태훈, 2002). 또한, 국내에 도입되어 이용되는 방법들은 일관성 있는 결과를 제시하지 못하는 경우가 많다. 소유역을 분할하여 홍수량을 산정하는 경우에 분할되는 소유역의 수가 증가할수록 홍수량이 커지는 현상이 발생하고 있으며 이에 대한 개선이 시급한 실정이다. 그러나 이에 대한 연구가 거의 전무한 실정이며, 정종호 등(2006)이 검토하여 제시한 내용이 유일한 성과라 할 수 있다. 이에 대한 원인으로 정종호 등(2006)은 “소유역 분할에 따른 첨두홍수량의 증대는 홍수량 산정 대상유역의 면적이 작아지면 단위도 종거의 첨두치 증가에 따른 첨두홍수량은 크게 증가되는 반면 하도 홍수추적에서 홍수량의 감소는 매우 작은 것에 의한 것이다. 또한 유역면적이나 유역형상 등에 관계없이 저류상수를 도달시간만의 함수로만 산출하는 것도 하나의 요인으로 작용하는 것으로 판단된다.”라는 의견을 제시하였다.

결론적으로 소유역 분할에 따른 홍수량 증가 경향은 도달시간 및 저류상수가 가장 큰 영향을 미치고 있는 것으로 판단되며, 본 연구에서는 이의 원인 분석을 위한 연구를 수행하고자 한다.

## 2. 대상유역 및 호우사상 선정

### 2.1 대상유역 선정

본 연구에서의 대상유역은 남강댐 유역을 선정하였다. 남강댐의 유역 경계 구분 및 유역 특성 인자를 추출하기 위해 국가수자원관리종합정보시스템(<http://www.wamis.go.kr>)에서 제공하는 수치표고모델(digital elevation model)을 수집하여 분석을 수행하였다. 남강댐 유역의 소유역 분할에 따른 영향 분석을 위해 그림 1과 같이 총 5가지 CASE로 소유역을 분할하였다.

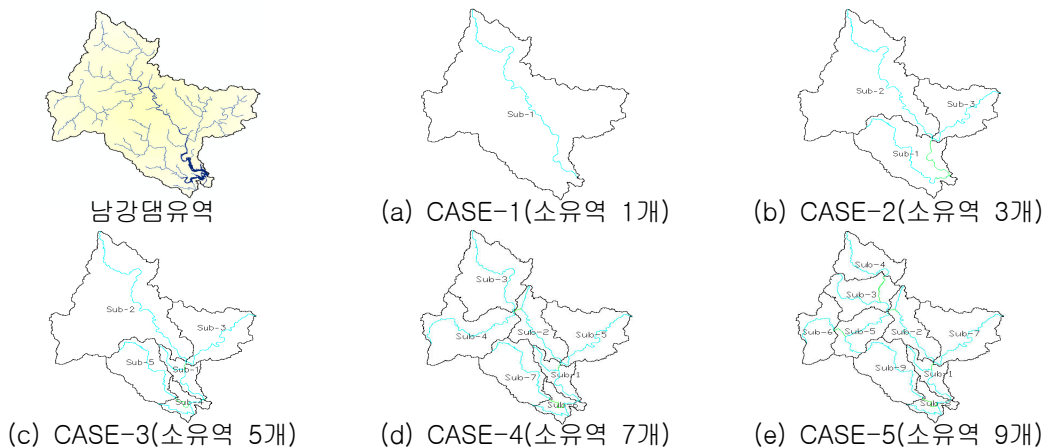


그림 1. CASE별 소유역분할 현황

### 2.2 호우사상의 선정

본 연구에서는 이용된 수문사상은 남강댐 유역의 강우량 및 댐 유입량 자료중 대표적인 6개의 호우사상을 채택하였으며 이를 표 1에 나타내었다.

표 1. 분석된 이용된 수문사상

구분	대상 사상	첨두홍수량	구분	대상 사상	첨두홍수량
Event 1	1991년 4월 17-20일	1,967.0	Event 4	2002년 7월 5- 7일	5,792.0
Event 2	1990년 4월 12-14일	2,134.0	Event 5	2003년 5월29일-6월1일	3,778.6
Event 3	2000년 8월 3- 5일	4,148.6	Event 6	2003년 8월 18-22일	1,548.2

### 3. 연구방법

#### 3.1 도달시간의 산정

소유역 분할에 따른 도달시간은 분할의 영향에 상관없이 동일한 시간을 가져야한다. 즉, 그림 2에서와 같이 소유역을 분할하더라도 소유역 분할 개수에 상관없이  $T_{c1} + T_{c2} = T_c$ 가 되어야한다. 그러나 소유역 분할에 따라 급해지는 유로경사 등의 영향으로 인해  $T_{c1} + T_{c2} < T_c$ 인 경우가 많이 발생하고 있으며, 이로 인해 도달시간이 작아지면 첨두홍수량이 증가하는 것으로 분석되고 있다. 따라서, 소유역 분할 시에도 유역의 전체적인 흐름특성을 감안한 소유역별 도달시간의 산정이 필수적이며, 분할된 소유역 중 하도추적이 수행되는 구간의 도달시간은 하도구간이 아닌 유역출구점에서 가장 먼 거리에서부터 새롭게 산정하는 것이 타당하다. 그림 2의 하류 소유역의 경우에는 도달시간 산정 대상 유로가  $T_{c1}'$ 이 되어야하며 이럴 경우 도달시간이 길어지면서 홍수량이 줄어들게 되어 유역분할에 따른 홍수량 증가영향이 감소될 수 있는 것이다.

소유역 분할에 따른 도달시간 산정시 유로연장의 조건별 영향을 분석하기 위해 그림 2에서 도달시간을  $T_{c1}$ 으로 구한 경우를 Type A,  $T_{c1}'$ 으로 구한 경우를 Type B로 구분하였으며 이로 인한 영향분석을 수행하였다.

도달시간은 도달시간 산정의 일관성 및 유로경사 등을 고려하면서 가장 적절한 유속값을 산정하는 Kraven(II) 공식을 사용하였다.

#### 3.2 저류상수의 산정

저류상수도 소유역 분할에 따른 도달시간 산정의 경우와 매우 유사한 문제를 가지고 있다. 그림 3에서 보는 것처럼  $K_1 + K_2 = K$ 가 아닌 것은 당연하며 소유역 분할에 따라 발생하는 이와 같은 비선형적인 특성에 대한 고려가 필수적이다. 또한, 유역분할에 따라 달라지는 유역면적, 유로연장 및 유로 경사 등은 저류상수의 변화에 큰 영향을 주므로 이를 종합적으로 고려해야 한다.

본 과업에서는 Sabol 공식을 이용해서 저류상수를 산정하였고, 기 산정된 도달시간과의 종합적인 비교 검토를 통해 최종적인 저류상수를 결정하였다.

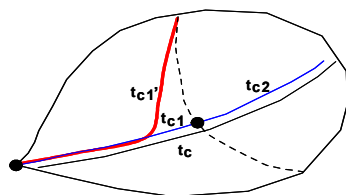


그림 2. 소유역 분할에 따른 도달시간의 변화

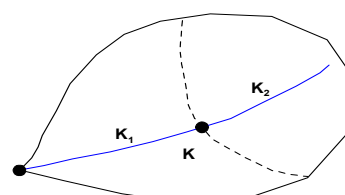


그림 3. 저류상수의 비교

#### 4. 분석 결과

소유역 분할의 영향분석을 위해 6가지 수문사상을 통해 CASE별 홍수량산정을 실시하였다. 분석결과 그림 4와같이 소유역 분할시 홍수량은 초기에 증가하며 그 이후에는 분할갯수가 증가하여도 대체적으로 비슷한 값을 유지하였다. 특히 Type B의 경우 1개 유역(CASE-1)에서 3개의 소유역(CASE-2)으로 분할 시에는 증가하지만 그 이후에는 오히려 감소하는 양상을 보여주고 있다. 이는 모든 사상에서 동일하게 나타나는 현상이며 소유역 분할에 따른 홍수량 증가 영향이 크지 않음을 보여주는 것이라 할 수 있다.

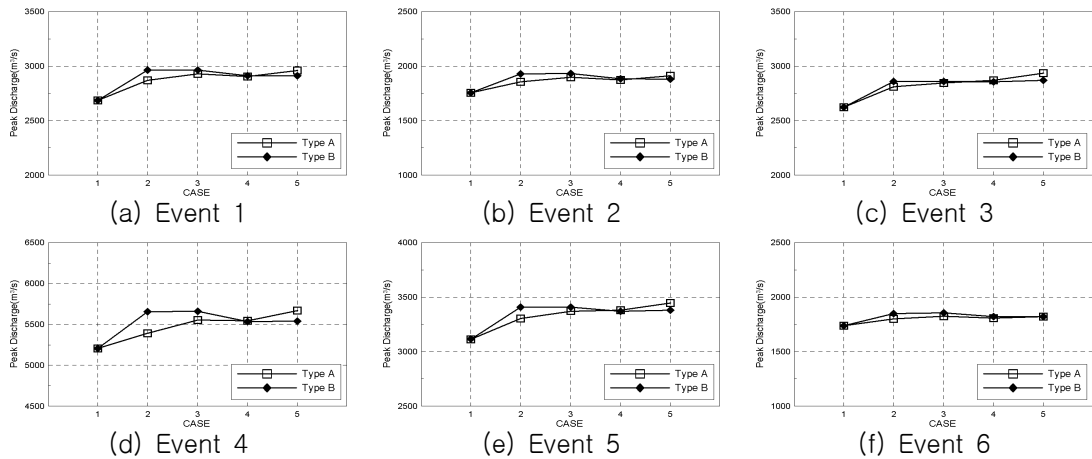


그림 4. 소유역 분할에 따른 첨두홍수량 변화 비교

그림 5에서는 Type A와 Type B의 경우를 비교한 결과를 나타내었으며, CASE-2(3개 소유역)에 대해 대표적인 3개 사상을 보여주고 있다. 그림 5(a)에서 Type A는 빨간색, Type B는 검은색으로 나타내었으며, 상류 2개 유역에서 합쳐져서 하도추적된 유량은 파란색으로 나타내었다. Type A와 B의 차이는 하류유역에서 발생하므로 하도추적된 값은 동일하며, 이 값에 하류 소유역의 유출량이 합산되어 총 유출량이 산정된다.

앞서 언급한 것처럼 Type A는 유로연장이 짧아 도달시간과 저류상수가 작아지므로 첨두홍수량이 상대적으로 Type B보다 커지게 된다. 이로 인해 총 유출량도 증가될 것으로 예상할 수 있다. 그러나 그림 5에서 볼 수 있듯이 Type A의 소유역 유출량 첨두발생시간은 Type B보다 빠르지만 오히려 총 유출량은 Type B의 경우가 더 커지는 것을 볼 수 있다. 이는 소유역 분할에 따른 도달시간과 저류상수의 변화가 홍수량 증가에 직접적으로 영향을 미치지 않을 수 있다는 것을 보여준다. 소유역 분할에 따라 소유역 유출량이 증가하더라도 꼭 유출량이 증가하는 것은 아니며, 이는 전체적인 유역의 형상에 따라 달라질 수 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다. 즉, 유역의 유출이 순간적으로 집중될 수 있는 유역의 경우에는 소유역에 분할로 인해 유출량이 증가할 수 있으며, 반대의 경우에는 그 영향이 미미할 수 있다는 것이다. 따라서 홍수량 산정시에는 유역의 규모 및 지형학적 형태 등을 고려해서 필요시 소유역을 분할하는 것이 타당할 것으로 판단되었다.

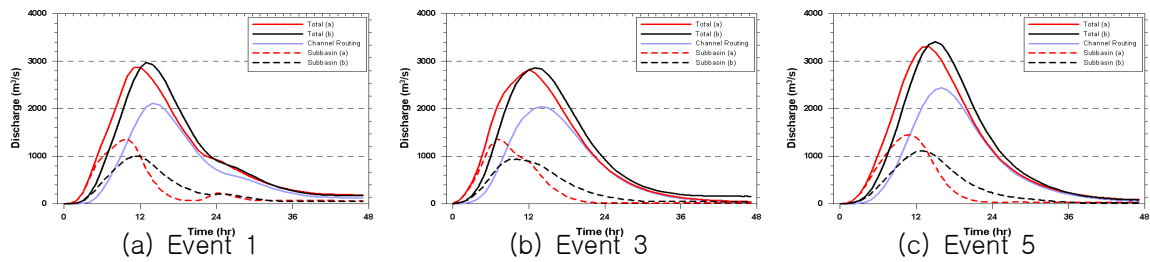


그림 5. 소유역 유출과 하도추적에 따른 홍수량 변화 분석

### 3. 결 론

본연구에서는 소유역 분할에 따른 영향분석을 위해 유역을 단일유역과 다수유역으로 구분하였고, 대상유역의 소유역분할에 따른 도달시간, 저류상수 등을 결정하고, 홍수량 산정결과의 민감도 분석 및 검토를 수행하였다. 또한 유역별 하도에서의 직접도달시간과 최원점에서의 도달시간을 산정하는 경우로 구분하여 유로연장의 조건별 영향을 분석하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 소유역 분할의 영향분석을 위해 5개 유역분할 CASE별로 6개 수문사상에 대한 홍수량 산정을 실시한 결과, 소유역 분할시 홍수량이 증가하지만 일정 유역분할 이후로는 유역분할이 유출모의 결과에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

2) Type A와 Type B의 비교결과 홍수량의 크기의 차는 크지 않으며, Type A는 일정 유역분할 이후에는 홍수량이 비슷한 값을 유지하지만 Type B는 CASE-1에서 CASE-2로 분할시에는 증가하지만 그 이후에는 오히려 감소하는 양상을 보여준다. 이는 소유역 분할에 따른 홍수량 증가영향과 유로연장의 조건별 영향이 크지 않음을 보여주는 것이라 할 수 있다.

3) 소유역 분할에 따라 소유역 유출량이 증가하더라도 꼭 유출량이 증가하는 것은 아니며, 이는 전체적인 유역의 형상에 따라 달라질 수 있다. 유역의 유출이 순간적으로 집중될 수 있는 유역의 경우에는 소유역 분할로 인해 유출량이 증가할 수 있으며 반대의 경우에는 그 영향이 미미할 수 있음을 나타낸다.

### 참 고 문 헌

1. 윤광원 (1994). “Clark 유역추정법에 의한 계획홍수량 산정에 미치는 매개변수의 민감도 분석.” 한국수자원학회 논문집, 제 27권, 제 4호, PP. 85-94.
2. 윤석영, 홍일표 (1995). “Clark 모형의 매개변수 산정방법의 개선.” 대한토목학회논문집, 제15권, 제 5호, pp. 1287-1300.
3. 정중호, 금중호, 윤용남 (2002). “도달시간 산정 방법의 개발.” 한국수자원학회 논문집, 제35권, 제6호, pp.715-727.
4. 정중호, 김석우, 윤용남 (2006). “저류상수 산정 방법의 개발.” 한국수자원학회 학술대회논문집, PP. 135-143.
5. 윤용남 (2007). 수문학, 청문각.
6. U.S. Army Corps of Engineers (2000). HEC-HMS Manual.
7. US Army Corps of Engineers (2002). Hydrologic Modeling System HEC-HMS Application Guide.
8. 국가수자원관리종합정보시스템(<http://www.wamis.go.kr>)