

소하천 설계홍수량 추정모형의 적용성 검토

Study on Applicability of Design Flood Estimation Methods in Creeks

김양수*, 이병주**, 이준호***
Yangsu Kim, Byongju Lee, Junho Kim

Abstract

Creeks, defined by creek's improvement law, have strong localities in the flow characteristics and environmental condition. During the recent ten-years, lots of flood damages have occurred rather in the creeks. However, quantity and stream design information are poor while the national-class and local-class streams have sufficient. This causes a problem on improving the safety from flood. This study focuses on assessment of practical applicability for design flood estimation models. For this, Rational formula, Clark's model and Nakayath synthetic unit hydrograph method are estimated by data of the creek comprehensive improvement plan report, etc.

Key words: Creek, Design Flood Estimation, Rational Formula

1. 서론

최근 소하천에 홍수재해가 집중되면서 전국적으로 소하천정비사업이 추진되고 있다. 소하천 설계빈도는 유역에 따라 수립된 종합치수대책뿐만 아니라 경제성분석을 통하여 결정되는데, 보통 도시지역, 공업지역은 50-100년, 평야지역은 30-80년, 그리고 산지지역은 30-50년의 설계빈도를 적용한다.

설계홍수량 산정은 과거자료를 활용하여 하는 것이 이상적이지만 과거자료가 없는 경우, 모의모형을 이용하여 추정한다. 소하천시설기준에서는 자연유역의 경우 합리식, 합성단위유량도법, 그리고 유역추적법을 적용하도록 되어 있으며, 도시유역의 경우 RRL과 ILLUDS모형을 제시하고 있다. 그러나 대부분 유역면적이 5km² 이하인 소하천의 경우 실측자료가 없어 홍수량 추정결과에 대한 검증이 어려우며, 모형계수의 적용범위도 구체적으로 제시하기 어려운 형편이다. 최근 소하천정비계획수립과 관련하여 설계홍수량 산정에 대한 문제점이 많이 제기되고 있다.

본 연구에서는 기존의 소하천정비종합보고서를 검토하여 우리나라 소하천의 설계홍수량산정 현황을 살펴보고 문제점을 분석하며, 아울러 소하천의 설계홍수량 산정에 많이 사용되고 있는 합리식, 中安종합단위도법, Clark방법 등에 대한 모형의 적용성을 검토하고자 한다. 모형의 적용성 평가는 실측자료가 빈곤한 관계로 모의기법을 활용하고자하며 모형별 매개변수의 민감도 분석과 이에 따른 적용범위를 검토하고자 한다.

* 정회원 · 국립방재연구소 연구관 · E-mail : kimys2@mogaha.go.kr
** 정회원 · 국립방재연구소 연구원 · E-mail : promise@mogaha.go.kr
*** 정회원 · 경기대학교 대학원 박사과정 · E-mail :

2. 소하천설계홍수량 산정방법

홍수량 추정은 크게 3가지방법으로 구분할 수 있다. 첫째는 대상구역의 과거 홍수자료를 수집하여 빈도해석하여 사용하는 것으로 가장 이상적인 방법이나 유출량 자료가 없는 경우 적용이 어렵다. 두 번째는 강우자료를 빈도해석하여 설계강우를 산정하고 강우-유출모형을 이용하여 설계홍수량을 추정하는 방법이다. 상대적으로 강우자료는 풍부하기 때문에 가장 널리 쓰이는 방법이다. 마지막으로 유출특성이 유사한 지역의 지형학적 상관성을 이용하여 유출량을 계산하는 방법으로 대상지역의 지형인자-유출량 상관성이 사전에 설정되어 있어야 한다.

소하천은 유출량 자료가 빈곤하여 첫 번째 방법이나 세 번째 방법은 현실적으로 적용하기가 쉽지 않다. 여기서는 소하천의 설계홍수량산정에서 가장 많이 쓰이는 강우-유출법을 중심으로 살펴보기로 한다.

1) 합리식

설계홍수량의 추정시 침투홍수량만을 구하고자 하는 경우에 사용하며 침투유량의 계산은 다음식에 따른다.

$$Q = \frac{1}{3.6} CIA \quad (1)$$

여기서 Q 는 침투유량(m^3/s), C 는 무차원의 유출계수, I 는 도달시간을 강우지속기간으로 하는 특정발생빈도의 확률강우강도(mm/hr), 그리고 A 는 유역면적(km^2)을 각각 의미한다.

1889년 미국의 Kuichling에 의해 제안된 이후 소유역의 배수구조물과 도시우수관거의 설계에 많이 사용되고 있다. 합리식이 근거한 가정은 다음과 같다.

- 도달시간에 해당하는 강우지속기간동안 강우강도는 일정하다.
- 동일한 강우지속기간동안 강우강도는 전유역에 걸쳐 균일하다.
- 동일한 강우지속기간동안 유출계수는 일정하다.
- 동일한 강우지속기간동안 A 와 C 가 일정하므로 침투유량은 강우강도의 선형함수이다.
- 침투유량의 빈도는 강우강도의 빈도와 같다.
- 주어진 재현기간에 대하여 C 는 일정하므로 유출빈도곡선은 강우빈도곡선에 평행하다.

이러한 가정을 만족하기 위해서는 적용대상 유역면적이 작아야 한다. 합리식의 적용대상 유역의 면적은 소하천시설기준에서는 $2.5km^2$ 이하로 언급하고 있고, ASCE(1992)에서는 $0.8km^2$ 이상에는 사용을 권하지 않는다고 하였지만 $5 km^2$ 까지는 적용을 많이 하고 있다. 특히 소하천정비종합계획보고서 작성시 설계홍수량 산정에 합리식이 많이 이용되고 있다.

우리나라 하천설계기준은 건설교통부의 하천시설기준과 행정자치부의 소하천시설기준이 있다. 이제까지 우리나라에서 사용한 합리식의 유출계수는 미국 ASCE에서 제시한 결과를 사용하였고 최근에 논이나 급경사 산지하천에 대한 보정값이 하천설계기준에 제시된 바 있다. 합리식에 대한 연구도 비교적 활발하여 김남원(1995), 유동훈(1995), 이재철 등(1997), 김지호(2003) 등에 의해 유출계수의 적합성 등에 관한 연구가 수행된 바 있다. 그러나 합리식의 가정에 맞는 시험유역의 운영이나 관련 자료의 집적이 되어 있지 않은 관계로 연구에는 한계가 있을 수밖에 밖에 없었다. 김지호(2003)는 기존의 연구결과를 검토하고 설마천의 유출자료를 토대로 합리식 유출계수의 수정값을 제시한바 있다.

2) 합성단위유량도법

합성단위도법은 단위도의 특성변수들을 유역의 유출특성을 지배하는 지상 인자들과 상관시킴으로써 수문 자료가 없는 미계측 유역에 대한 단위도를 작성하는 방법으로 대표적인 합성단위도법은 Snyder방법, 미국토양보존국의 무차원단위도법, 일본의 나까야스(中安) 합성단위도법 등이다. Snyder 방법은 한강, 금강 및 낙동강 유역에 대하여 유도가 되었으나 대유역을 중심으로 매개변수가 추정되어 소하천에 적용이 어려운 실

정이다. 소하천관련 보고서에서는 합성단위도법으로 대부분 나까야스(中安) 합성단위도법을 이용한다.

3) 유역추적법

유역홍수추적법은 하천유역을 일련의 저수지 또는 일련의 저수지와 하도로 구성되어 있다고 가정하여 각각의 저수지를 통한 저류방정식을 풀이하는 수문학적 홍수추적방법으로 순간단위도를 유도한 후 이를 이용하여 특정 호우에 대한 홍수유출수문곡선을 얻는 방법이다. 우리나라에서 많이 쓰는 유역추적법으로는 Clark 모형과 Nash모형 그리고 저류함수법이 등이 있다. 이중 Clark 모형이 단순하면서도 유출해석 소프트웨어에 많이 사용된 관계로 소하천의 유출량계산에 널리 사용되고 있다.

3. 소하천 설계홍수량 산정결과의 검토

그림 1은 소하천정비종합보고서에 나타난 34개 소유역의 설계홍수량 산정 결과이다. 설계홍수량 산정은 대부분 합리식, Clark 모형, 나까야스 합성단위도법을 사용하였으며 설계홍수량의 빈도는 30년이다. 참고로 대부분의 보고서에서 합리식은 유역면적 5 km² 이하에 대해서 사용하였다.

먼저 분석대상 유역의 면적분포를 보면 0.2~21km²로 상당히 넓게 분포되어 있으나, 전체 유역의 약 75%가 5km²이하이다. 홍수량의 분포를 보면 변동성이 상당히 심하여 유사한 유역면적에 1.5배이상씩 차이가 날 수 있다. 홍수량은 확률강우량과도 관계가 있기 때문에 구체적인 분석이 필요하지만 실무적 차원에서는 상당히 심각한 문제점을 내포하고 있다.

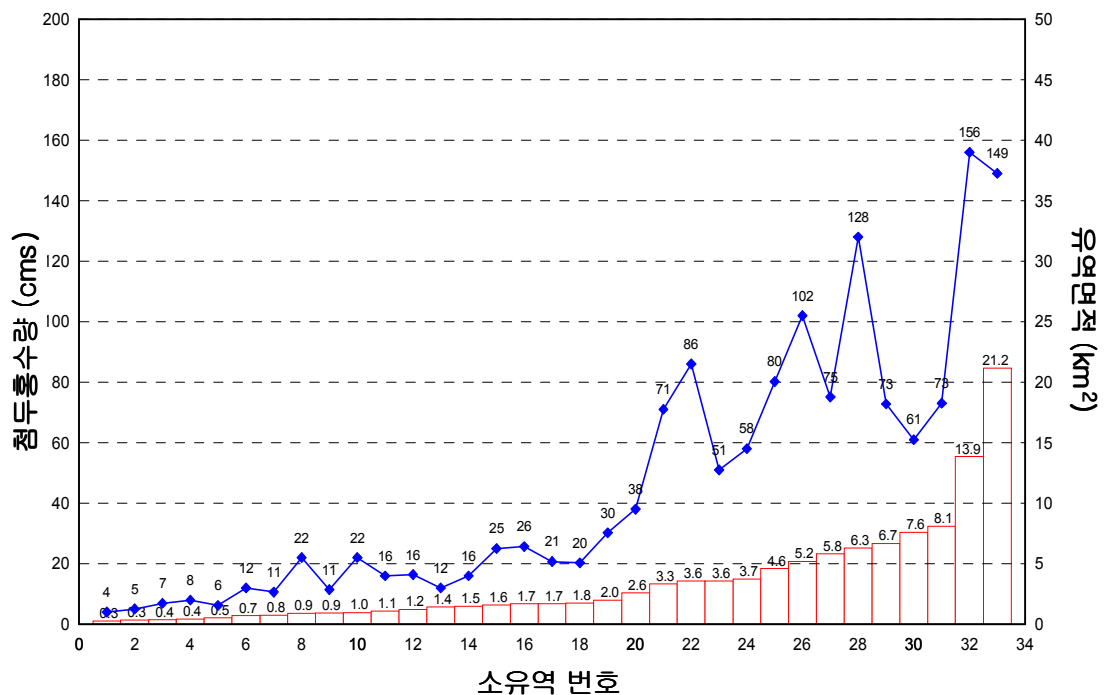


그림 1 소하천정비보고서에 나타난 유역면적별 설계홍수량 산정 결과

그림 2는 양평균 소하천정비종합보고서에 나타난 합리식, Clark 모형, 그리고 나까야스 합성단위도법에 의한 30년빈도의 설계홍수량 산정결과이다. 그림을 보면 동일 유역에 산정된 홍수량은 큰 편차가 없음을 알

수 있다.

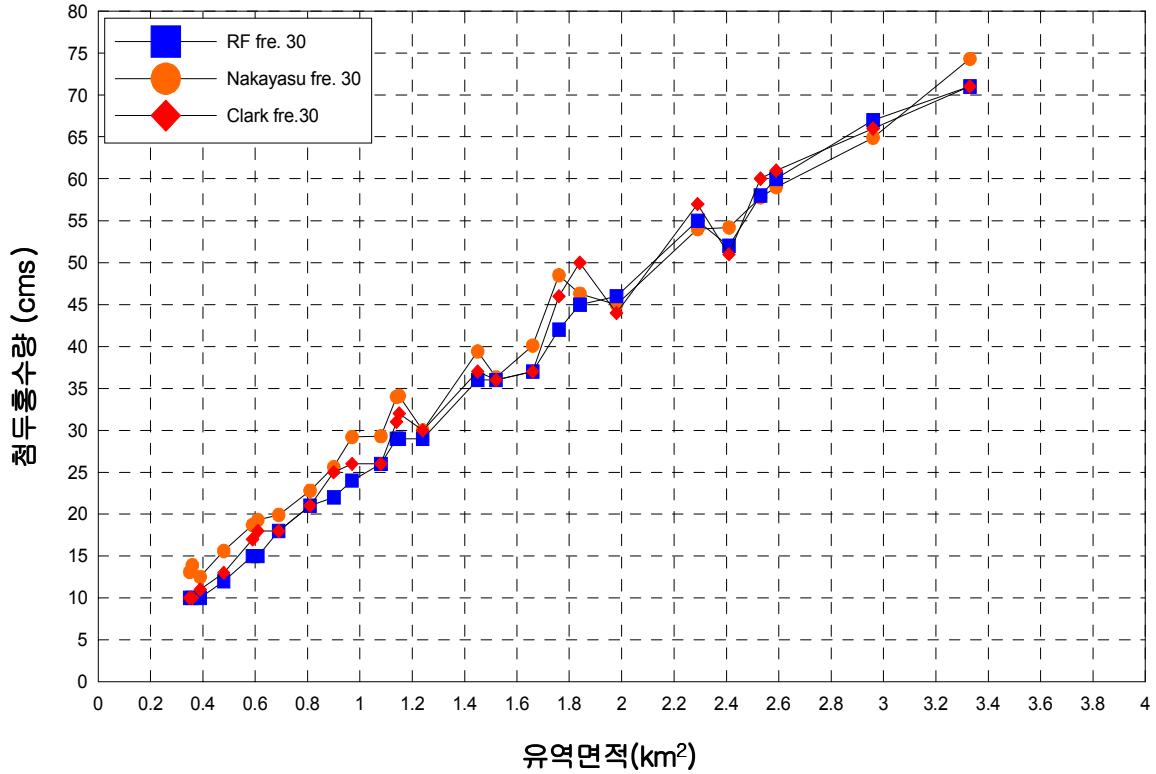


그림 2 양평군 소하천의 30년 빈도 설계홍수량 산정 결과

4. 원인 분석

제한된 자료에 의한 분석결과이지만 소하천의 설계홍수량은 대상유역에 따라 큰 편차가 있는 것으로 나타났다. 이것의 원인으로서는 다음과 같은 사항을 들 수 있다.

1) 모형 매개변수의 부적절

소하천은 실측자료가 빈곤한 관계로 대상모형의 검정결과가 거의 없다. 따라서 모형매개변수의 선정시 기술자의 주관에 의해 결정할 수 있는 여지가 많다. 도달시간의 산정, 시간-면적곡선 등은 유역면적이 아주 작고 정밀지형도가 없는 경우 적용이 어려운 경우가 많다. 또한 합리식 유출계수의 결정시 전체 토지이용 형태를 고려하여야 하나 일반적인 소하천의 특성인 산지 급경사하천의 값을 적용하는 등의 문제점이 발견되었다. 물론 소하천의 경우 토지이용 형태를 제대로 고려하기가 어려운 측면도 있다.

2) 제시된 설계기준의 일관성 결여

하천설계기준관련 특히 합리식 부분은 대상유역의 적용범위나 유출계수 값에 대해 여러 가지 안이 제시되어 있다. 이것은 그 당시의 가용한 자료를 이용하여 연구된 것이지만 일반화 되어있지 않거나 그 지역의 특성에 맞는 경우가 대부분이다. 특히 이러한 결과가 관련 설계기준에 반영되어 기술자들의 공식적용의 혼란을 가중시키는 부분도 간과 할 수 없다.

3) 지역별 확률강우량의 편차

지역별 확률강우량 편차에 기인할 수도 있다. 물론 이 부분은 오차는 아니지만 우리나라 강우의 지역별 편차 등을 분석하여 유출의 변동성을 검토할 필요가 있다.

4) 지형자료 추출의 민감성

소하천은 유역면적이나 하천연장 등의 산정에서 대하천에 비해 조그만 실수에도 전체오차는 크게 나타나는 민감성 때문에 유출량의 편차가 크게 나타날 수 있다. 특히 하천연장이나 유역경사 등은 정밀 지형도에서 측정하여야 하나 현실적인 어려움이 있는 것이 사실이다.

4. 결 론

소하천의 설계홍수량 산정에 대해서 소하천정비종합계획서의 자료를 토대로 문제점을 분석해 보았다. 그동안 소하천정비사업의 기본이라 할 수 있는 소하천정비종합계획서의 설계홍수량 산정의 어려움에 대해서는 여러형태로 제시되었지만 관련자료의 부족 등의 이유로 구체적인 문제점 검토는 이루어지지 못하였다. 본 연구는 전반적인 문제점 제시와 함께 문제의 구체적인 원인분석을 실시하고자 한다. 매개변수의 민감도 분석에서부터 실제 용역회사의 실무자의견까지 수렴한 다양한 분석을 실시하고자 하였다. 향후 시범소하천 사업의 운영과 함께 자료가 확보되는 대로 기 분석한 결과의 검증을 단계적으로 실시하고자 한다.

참 고 문 헌

1. 소하천정비종합계획보고서(1998~2002).
2. 김남원(1995). 설계홍수량 추정개념과 합리식의 논리적 고찰, 1995년도 학술발표회 논문집, 한국수자원학회.
3. 유동훈(1995). 유출량 산정을 위한 합리식의 개선, 1995년도 학술발표회 논문집(II), 대한토목학회.
4. 이재철(1997). 도시내 우수관결정을 위한 합리식의 유출계수에 관한 연구, 한국토지공사.
5. 김지호(2003). 우리나라 하천유역의 합리식 유출계수 산정에 관한 연구, 박사학위논문, 홍익대학교.
6. 국립방재연구소(1999), 소하천 시설기준.
7. 한국수자원학회(2002), 하천설계기준.
8. 윤용남(1986). 공업수문학, 청문각.
9. 윤태훈, 합리식과 우수관거, 제1회 수공학워크샵 교재, 한국수자원학회.
10. 한국건설기술연구원(1991), 수자원관리기법보고서.
11. Mcuen, R. H.(1998). Hydrologic Analysis and Design, Prentice Hall.
12. ASCE(1992), Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems.