

미계측 유역의 단위도 추정

수자원관리기법연구개발팀

1. 서론

수자원관리기법개발연구조사의 1992년도 연구내용중 '설계홍수 추정방법에 대한 설문조사'를 실시한 결과에 따르면 국내의 수문실무자들은 계측유역, 미계측유역 모두에서 합성단위도법을 많이 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 수자원관리기법개발 연구조사에서는 지속적으로 수문자료를 수집, 정리하고 있으며 1992년에 이어 1993년에도 전국의 홍수위자료를 수집하고 정리하여 많은 양의 홍수위 자료가 축적되었다. 현재까지 정리된 모든 홍수위자료를 그대로 사용하여 대부분의 수문실무자들이 익숙한 단위도법에 의해 우리나라의 수문특성에 맞는 지점별 대표단위도(1mm-1hr)를 유도하고 유역별 특성을 분석하여 미계측 유역의 대표단위도를 추정하였다.

2. 단위도 유도 프로그램의 작성

직접유출에 의한 단위도 추정값의 정도를 판단하는 일반적인 방법은 실제로 측정된 유출량과 단위도로부터 예측된 유출량간의 차이를 조사하는 것이다. 이를 잔차라고 하며 잔차의 자승 합계를 최소화하는 단위도 추정값을 선택하기 위하여 최소자승법을 많이 이용하고 있다. 그러나 강우나 유출 자료의 작은 오차가 단위도의 추정에 큰 오차를 발생시킬 수 있으며 현실성이 없는 심한 분산을 보일 수도 있다. Bruen과 Dooge(1984)는 이러한 분산을 줄이고자 일종의 가중치를 두어 단위도의 종거를 계산하는 능형회귀방법을 이용하여 안정적인 단위도를 추정하는 방법을 발표하였다. 본 연구에서는 이들의 발표 논문에서 실려있는 두 개의 서브루틴(KERGT, TPSLV)을 일부 수정하여 단위도(1mm-1hr) 유도 프로그램을 개발하였다.

수자원관리기법연구개발팀 : 김승, 정성원, 김현준, 김형섭, 김창완, 강태호
(한국건설기술연구원 수자원연구실)

3. 지점별 단위도의 유도

3.1 자료의 정리

대상지점은 한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강 및 기타 수계의 자기 및 일반 수위관측소 전부를 대상으로 하였으며 분석과정을 통해서 유량환산이 적절하지 않거나 홍수위 자료가 불량한 지점은 제외하였다.

3.2 단위도를 위한 가정

많은 홍수사상을 처리하기 위하여 간단히 적용할 수 있는 수평직선분리법을 적용하여 기저유량을 분리하였으며 기저유량은 일수위도를 보면서 해당 홍수사상의 시작일에 맞는 일수위를 찾아서 기저유출의 분리에 이용하였고, 총유출량에서 기저유량을 제하여 직접유출량을 구한 다음에 직접유출량과 강우량의 비율을 손실률로 생각하고 강우량과 손실률을 고려하여 유효우량을 구하는 방법을 채택하였다.

4. 유도된 단위도의 특성분석

4.1 유역특성의 비교

전국 5대강 유역의 주요 수위관측지점에 대하여 관측을 시작한 이후의 모든 수집가능한 홍수사상을 정리하고 각 사상별로 단위도를 표 1과 같이 유도하였다. 전체 173개 지점 중에서 수위유량관계가 양호한 65개 지점에 대하여 3,138개의 홍수사상을 분석하여 총 952개의 단위도를 유도하였다. 지점별로 대표단위도를 구하기 위하여 유도된 단위도를 평균하였으며 Nash 모형을 이용하여 평균값에 가깝도록 대표단위도를 조정하였다.

4.2 침투유량 분석

유도된 지점별 대표단위도의 침투유량과 유역면적과의 관계는 그림 1과 같은데 유역별로 일정한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 낙동강 유역의 정암과 성서는 각기 남강과 금호강의 하류에 있는 지점으로서 홍수시 본류의 물이 역류하여 유역면적에 비하여 침투유량이 낮게 추정된 지점으로서 유역은 지류에 속하지만 지류의 영향 보다는 본류의 영향을 크게 받는 지점이다.

표 1 유역별 단위도 유도 현황

유역	지점수	홍수사상수	단위도수
한강	16(52)	961(1621)	263
낙동강	28(68)	1099(2174)	460
금강	7(29)	370(704)	82
영산강	7(11)	447(584)	88
섬진강	7(13)	261(328)	59
계	65(173)	3138(5411)	952

주) ()안은 유역별 전체 지점 및 정리된 홍수사상수임.

유역면적에 따라 첨두유량을 상한계와 하한계로 구분하여 직선으로 그릴 수 있으며 섬진강은 동일면적에서 첨두유량이 큰 상한계에 가깝고 한강, 낙동강, 금강이 중간에 분포하며 영산강은 첨두유량이 작은 하한계로 접근한다. 이것은 동일 면적에서 섬진강 유역의 첨두유량이 제일 크며 영산강 유역이 가장 작고 한강, 낙동강, 금강의 첨두유량은 그 사이에 있는 것을 의미한다.

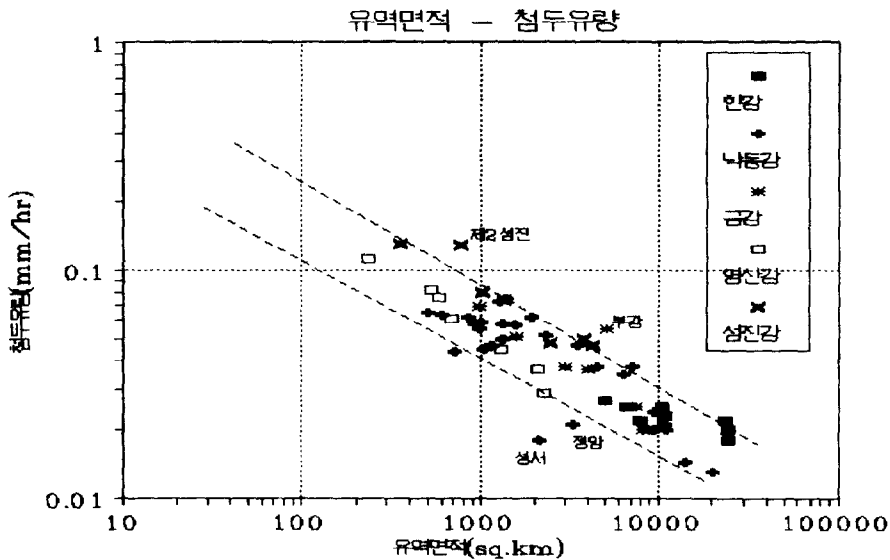


그림 1 유역면적과 단위도(1mm-1hr)의 첨두유량 관계

4.2 침투시간 분석

유도된 지점별 대표단위도의 침투시간과 유역면적과의 관계는 그림 2와 같으며 침투유량과의 관계에서와 마찬가지로 유역별로 일정한 경향을 보이고 있다. 낙동강 유역의 성서 지점은 본류의 배수 영향으로 유역면적에 비하여 침투시간이 매우 크게 계산되어 경향에서 많이 벗어나고 있다. 전반적으로 볼 때 일정 구간으로 나눌 수 있는데 영산강 유역은 침투시간이 긴 상한계에 근접하고 그 밑으로 금강, 낙동강, 한강 순으로 구분할 수 있으며 섬진강은 구레 지점을 제외하고는 하한계에 근접하고 있다. 즉 섬진강 유역에서 침투시간이 가장 빠르고 영산강 유역이 제일 느리다고 할 수 있다.

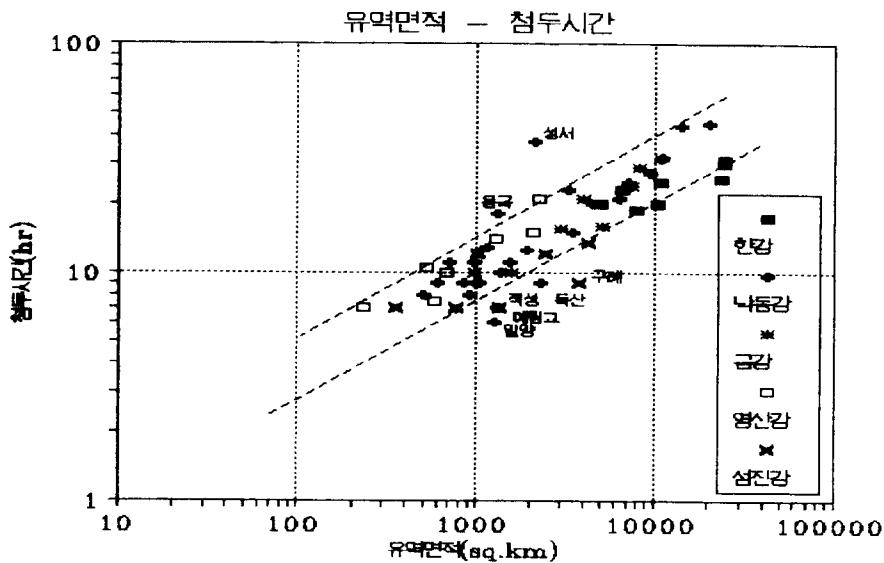


그림 2 유역면적과 단위도(1mm-1hr)의 침투도달시간 관계

5. 미계측유역의 단위도 유도

5.1 단위도의 추정

미계측 유역에 대한 단위도의 침투유량 및 침투시간은 계측유역에서 유도한 그림 1과 그림 2의 유역면적과 침투유량 및 침투시간의 상호관계를 이용하여 추정할 수 있다. 이렇게 얻은 두 값으로부터 1mm-1hr 단위도의 종거를 계산하여야 하는데

Nash 모형의 감마함수를 이용하여 상수 n 과 k 를 결정하여야 한다. 침투유량과 침투 시간만 알면 시산법에 의하여 n 을 구할 수 있고 k 는 n 과 T_p 로부터 바로 구해진다.

5.2 침투홍수의 추정

설계강우량과 앞에서 구한 단위도로부터 침투홍수량을 계산할 수 있는데 그 추정 절차는 다음과 같다.

- ① 주어진 설계빈도년에 해당하는 확률강우량을 선정한다.
- ② 대상 유역에 해당하는 침투시간을 지속시간으로 하고 면적감소계수와 유출률을 고려하여 ①의 확률 강우량을 시간분포시킨 시우량을 추정한다.
- ③ 앞에서 제시한 1mm-1hr 단위도의 유역면적-침투유량, 유역면적-침투시간의 관계로부터 적용 유역의 침투유량과 침투시간을 결정한다.
- ④ 결정된 침투유량과 침투시간을 이용하여 1mm-1hr 단위도를 유도한다.
- ⑤ 추정된 시우량과 유도된 단위도로부터 유출량을 계산한다. 이 때 기저유량을 고려한다.

그림 3은 유도된 단위도를 이용하여 유역면적이 1,000km²인 경우에 주어진 설계 조건과 유출률을 0.9로 하여 유출계산을 한 것이다. 침투시간 10시간에 침투유량은 1,967cms로 계산되었다.

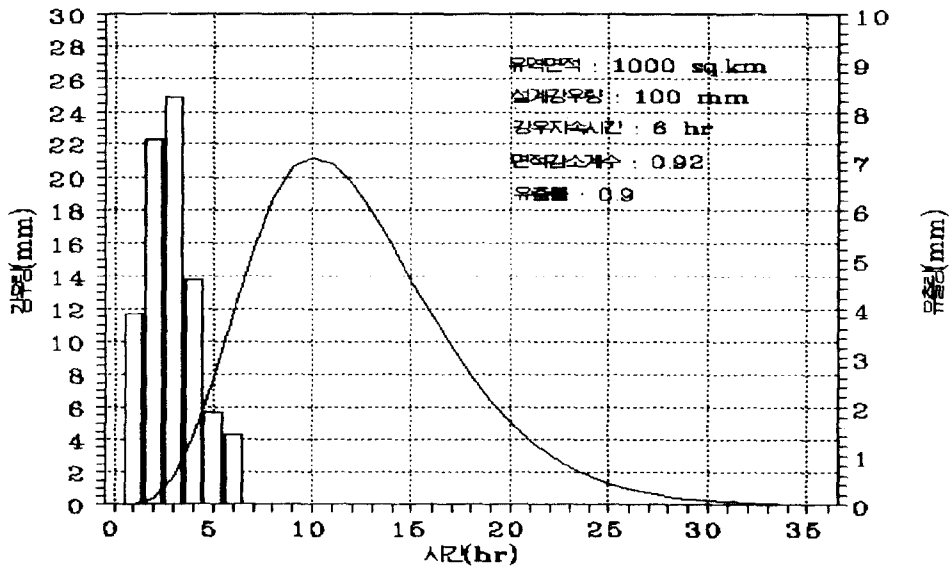


그림 3 단위도(1mm-1hr)를 이용한 유출계산 예

6. 요약

전국에 산재한 수위관측지점에 대하여 관측개시 이후의 모든 홍수위 자료를 구성하고 주요 지점의 개별 홍수사상에 대한 단위도를 유도하여 지점별 대표단위도를 작성하였으며 유도된 대표단위도를 이용하여 미계측 지점에 대한 단위도와 첨두홍수량을 추정하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 홍수위자료를 수집하기 위하여 조선헌조사서, 조선헌조사연보, 한국수문조사연보 등의 각종 문헌에 수록되어 있는 주요 홍수사상의 수문곡선을 판독하고 전국 220개의 수위관측지점에 대한 총 5,735개 사상의 홍수위 자료를 구축하였다.
2. 개별 홍수사상의 단위도를 유도하기 위하여 시우량자료는 기상청 자료를 중심으로 구성하였으며 효율적이고 안정적인 능형회귀방법을 이용한 단위도 유도 방법을 적용하여 사용자가 화면을 통해서 홍수사상과 유도된 1mm-1hr 단위도를 보고 적합한 단위도를 선택할 수 있도록 단위도 유도 프로그램을 개발하였다.
3. 개발된 단위도 유도 프로그램을 사용하여 지점별, 홍수사상별로 단위도를 유도하여 유역별로 총 65개 지점에 대하여 952개의 단위도를 유도하였는데 한강 유역은 16개 지점에서 263개의 단위도를 유도하였고 낙동강 유역은 28개 지점에 460개 단위도를, 금강 유역은 7개 지점 82개 단위도를, 영산강 유역은 7개 지점에서 88개 단위도를, 섬진강 유역은 7개 지점에서 59개의 단위도를 유도하였다. 유도된 단위도들을 지점별로 평균하고, 이를 참고로 하여 Nash 모형을 이용한 지점별 대표단위도를 유도하여 정리하였다. 또한 유도된 대표단위도를 유역에 따라서 지점별로 비교하여 상하류간의 관계를 분석하였으며 신뢰할만한 결과로 판단되었다.
4. 유도된 대표단위도의 첨두유량 및 첨두시간을 유역면적 등과 비교하여 그 관계를 검토하였다. 유역면적과 첨두유량 및 유역면적과 첨두시간의 관계는 비교적 일정한 경향을 보여주었으며 이를 이용하여 미계측 유역의 1mm-1hr 단위도를 추정할 수 있다.

< 참고문헌 >

- 건설부(1992, 1993), 수자원관리기법 개발연구조사보고서, 한국건설기술연구원.
Bruen, M. and Dooge, J. C. I. (1984), "An Efficient and Robust Method for Estimating Unit Hydrograph Ordinates," Journal of Hydrology, Vol. 70, pp. 1-24.