

금강홍수예보시스템의 수문학적 홍수예측모형 개선

Improvement of Hydrologic Flood Forecasting Model
for Flood Forecasting System in the Geum River

여규동¹⁾, 윤광석²⁾, 송재현³⁾

Kyu Dong Yeo, Kwang Seok Yoon, Jae Hyun Song

요 지

금강홍수통제소는 금강 유역의 홍수피해 경감을 목적으로 1990년 출범하였으며, 개소된 이래로 현재까지 홍수예보 및 수문 관측 업무를 수행하여 왔다. 금강홍수예보시스템의 유출모형은 이미 구축되어 있던 홍수예보 시스템과 마찬가지로 저류함수법과 단위도법에 의한 홍수 유출 모형을 근간으로 구성되어 있다. 최근 증설된 수문관측소를 반영하여 소유역을 재분할하고, 변화된 유역환경을 반영하여 저류함수모형에 대한 상수를 개선하고자 하였다.

소유역 및 하도분할과 티센계수 산정 등을 통해 저류함수법을 이용하기 위한 저류상수를 산정하기 위해 기존의 일반 종이지도로 제작된 지형도(1:50,000), 녹지자연도, 개략토양도 등을 이용하는 대신 수치지도를 이용하여 저류상수를 산정하였다. 새롭게 산정된 유역특성변수를 이용하여 유역의 저류상수를 산정하고 강우에 의한 유출량을 결정하였다. 변화된 유역 조건을 가지고 금강 유역의 전체 유역 및 하도유출계산을 수행한 후, 측정 결과가 있는 지점의 수문곡선과 비교하여 모형상수가 적절히 산정되었는지 검토하고, 개선된 모형 상수를 제시하였다.

핵심용어 : 금강홍수예보시스템, 저류함수법, 단위도법

1. 서 론

본 연구에서는 금강유역에 신설 및 T/M화된 수문관측소에 대한 소유역 및 하도분할과 티센계수 산정 등을 통해 저류함수법을 이용하기 위한 저류상수를 산정하고자 한다. 이를 위해 기존의 일반 종이지도로 제작된 지형도, 녹지자연도, 개략토양도 등을 이용하는 대신 수치지도를 이용하여 저류상수를 산정하고자 하였다. 산정된 유역특성변수를 이용하여 새로 분할된 유역의 저류상수를 산정하고 강우에 의한 유출량을 결정한다. 변화된 유역 조건을 가지고 금강 유역의 전체 유역 및 하도유출계산을 수행한 후, 측정 결과가 있는 지점의 수문곡선과 비교하여 모형상수가 적절히 산정되었는지 검토하고, 개선된 모형상수를 제시한다.

2. 홍수예보시스템 개선

2.1 수문관측소 증설에 따른 소유역, 하도 및 티센망 재구성

금강 유역에 설치된 원격측정방식의 우량관측소로부터 T/M시설과 중계소 등을 통하여 입수된 자료를 통제소에 설치된 전산기를 이용하여 신속하고 정확하게 분석·처리하여 예보지점에 대한 매시간별 예측수위 및 유량을 계산한다. 금강 유역에 설치된 T/M우량관측소의 설치 및 증설현황은 표 1과 같다.

1) 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail: ykd@kict.re.kr
2) 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원 · E-mail: ksyoon@kict.re.kr
3) 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 · E-mail: k6zero@kict.re.kr

표 1. T/M우량관측소 설치 및 증설현황

구 분	건설교통부	한국수자원공사	농기공
기준 (2003년) 개소	54 합영, 연산, 복룡, 홍산, 청양, 정간, 공주, 정안, 반포, 병천, 가덕, 증평, 진천, 오류, 부강, 유구, 조치원, 현도, 신대, 한산, 양촌, 미륵산, 하구언, 청주, 규암, 회덕, 강경, 인동, 유성, 방동	문의, 군북, 추부, 금산, 안남, 청성, 보은, 신함, 이원, 모서2, 상촌, 황간, 대성산, 영동, 무주, 설천, 무풍, 안천, 주천, 부귀, 상전, 계북2, 장계, 천천2	-
추가 (2006년) 개소	17 장선, 안내, 중눌, 평온, 능월, 이원2, 묘금, 송죽, 동정, 응북, 적상, 안성장, 원통사, 장기, 은진, 화덕, 금왕	-	-
계	71 47	24	

관측소의 밀도와 설치에 대한 규정은 하천법시행령 제16조 제1항 제2호에 규정되어 있으며, 집수면적이 200 km² 미만인 경우 우량계 1개 이상, 200 km² 이상 600 km² 미만인 경우 우량계 2개 이상, 600 km² 이상인 경우 3개 이상을 설치하도록 규정하고 있다. 그럼 1은 2003년 기준과 본연구를 통해 개선된 금강유역의 홍수예보시스템에 반영된 T/M우량관측소 티센망도이며, 노란색 바탕은 지배면적 200km² 초과지역을 나타낸다. 2003년 최대 지배면적은 372.15 km², 평균 지배면적은 183.59 km²이며, 홍수예보시스템에 반영된 최대 지배면적은 297.61 km², 평균 지배면적은 139.69 km²이다.

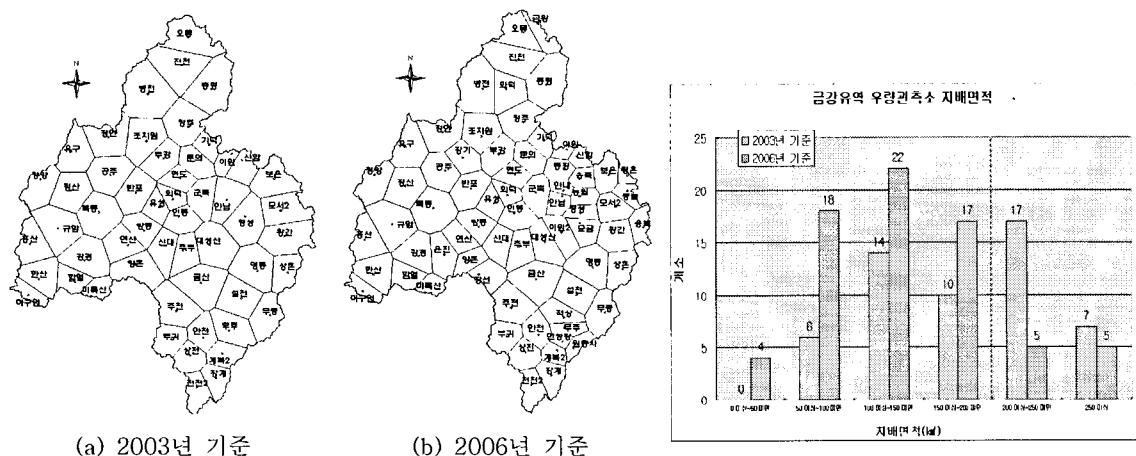


그림 1. 홍수예보시스템에 반영된 T/M 우량관측소 지배면적

금강 유역에 설치된 T/M수위관측소의 설치 및 증설현황은 표 2와 같다.

표 2. T/M수위관측소 설치 및 증설현황

구 분	건설교통부	한국수자원공사	농기공
기준 (2003년) 개소	40 가수원, 강경, 공주, 구룡, 규암, 금남, 논산, 매포, 방동, 복수, 북일, 석동, 석화, 신대, 오장, 육산, 용촌, 우끈, 우성, 유성, 인동, 입포, 증평, 진두, 청주, 하구언(내), 하구언(외), 회덕	용담댐, 용담댐방수로, 대청댐, 송천, 수통, 옥천, 유구, 청성, 안천, 천천, 동향, 호탄	-
추가 (2006년) 개소	22 기대교, 미어구, 반조원, 이평교, 탄부교, 합강, 심천, 양강교, 산성교, 제내교, 상조천교, 항월, 무주, 부강, 산계교, 용담, 제원	대청댐조정지	기산, 탑정, 영동, 진천
계	61 45	12	4

그림 2는 증설된 수위관측소를 고려하여 분할된 소유역의 변화를 나타내며, 36개의 소유역에서 68개의 소유역으로 분할되었다.

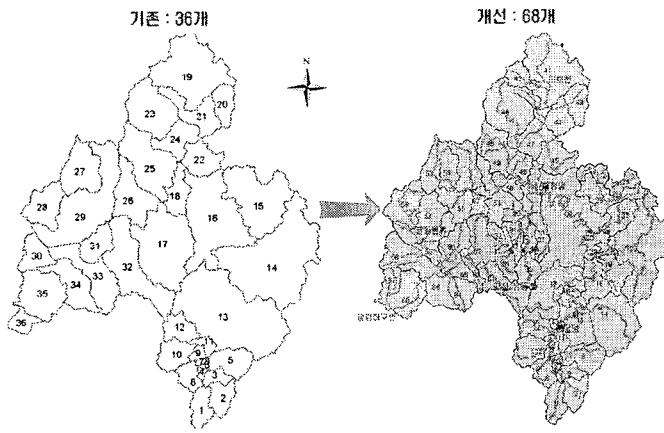


그림 2. 수위관측소 증설에 따른 소유역 재분할

그림 3은 증설된 우량관측소와 수위관측소를 반영하여 최종적으로 결정된 삽교천유역의 유출계산 모식도를 나타내고 있으며, 하도는 31개에서 60개로 증가하였으며, 유출계산의 정확도를 높이고자 하였다. 신설된 우량관측소를 포함하여 티센망을 작성하여 소유역·관측소별 티센계수를 산정하였다. 우량관측소 결측시 인접관측소의 관측우량에 가중치를 부여하여 평균한 값으로 보완하는 RDS(Reciprocal Distance Squared) 보완법을 이용하였다.

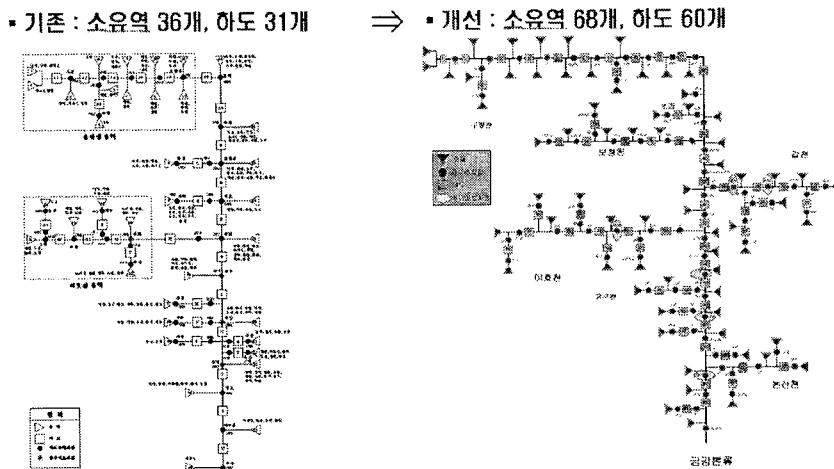


그림 2. 소유역, 하도재분할에 따른 유출계산 모식도 개선

2.2 유출모형상수 개선

본 연구에서는 유역유출모형은 저류함수법, Nash 모형, 나까야스 종합단위도법을 적용하였고, 하도유출모형은 저류함수법, 운동파법을 적용하였다. 저류함수법을 사용하여 유역에서의 유출을 결정하기 위해서는 저류함수의 상수에 해당하는 저류함수 K , P 및 지체시간 T_f 과 포화점에 이르기 전까지의 일차유출률 f_1 , 포화점까지의 누가우량 R_{su} 및 포화유출률 f_{sa} 등의 결정이 필요하다.

유효우량을 산정하기 위해 SCS 모형을 적용하여 AMC(선행토양함수조건)별 유출곡선지수(CN)를 구하였다. 이를 통해 유효우량과 손실우량을 산정하고, 총우량-유효우량 관계에 의해서 각 소유역별 일차유출률 f_1 , 포화점까지의 누가우량 R_{su} 및 포화유출률 f_{sa} 를 구하였다. 이를 위해 기존의 1 대 250,000 종이지도(개략토양도, 녹지자연도)를 이용한 1 km×1 km 격자 대신 1 대 25,000의 수치지도(정밀토양도, 토지피복도, 표준유역도)를 이용하였다.

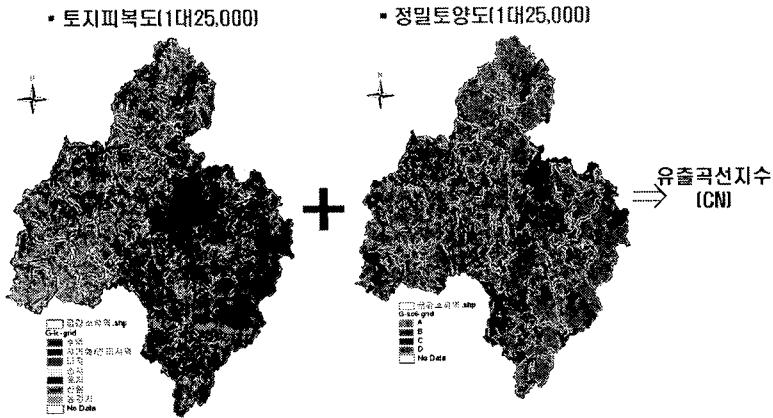


그림 3. 토지이용도 및 정밀토양도를 이용한 CN값 산정

저류상수 및 지체시간을 결정하는 방법에는 실측자료가 있는 경우(상수고정법, 상수역산법, 초기유량 평가 방법)와 실측자료가 없는 경우(경험식에 의한 방법)로 나눌 수 있으나, 5대 중소하천의 경우에는 양질의 실측 자료를 획득하기가 어렵기 때문에 저류함수법을 다년간 운영한 실무를 토대로 결정된 경험공식으로 저류상수 K , P 및 지체시간 T_l 을 결정하였다. 또한 Nash 단위도에 의한 유역유출 매개변수 t_p , q_p 와 나카야스 단위도에 의한 유역유출 매개변수 t_p , Q_p 를 구하였다.

2.3 개선된 홍수예보 프로그램 검증

저류함수법을 이용한 홍수추적에서 모형상수의 검증은 대상 유역 혹은 하도에 대한 최적 모형상수를 결정하기 위한 것이다. 실제 홍수예측에는 유역내에 측정된 강우자료를 입력자료로 하여 먼저 유역추적에 의한 유역 유출량을 계산하고 이것을 하도의 유입량으로 하여 하도추적을 실시함으로 강우자료가 주어지면 초기 모형상수를 이용하여 유역내 마지막 하류지점까지 주어진 기간 동안에 대한 유출량을 계산한다.

그림 4는 기존 및 개선 홍수예보시스템의 초기화면을 비교한 것으로 소유역 및 하도의 분할에 의해 유출 계산의 모식도가 복잡해졌음을 알 수 있다.

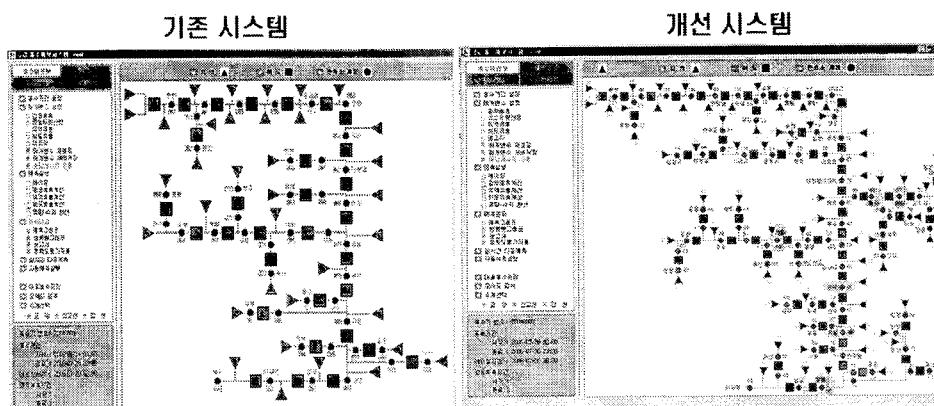


그림 4. 기존 및 개선 홍수예보시스템의 초기화면 비교

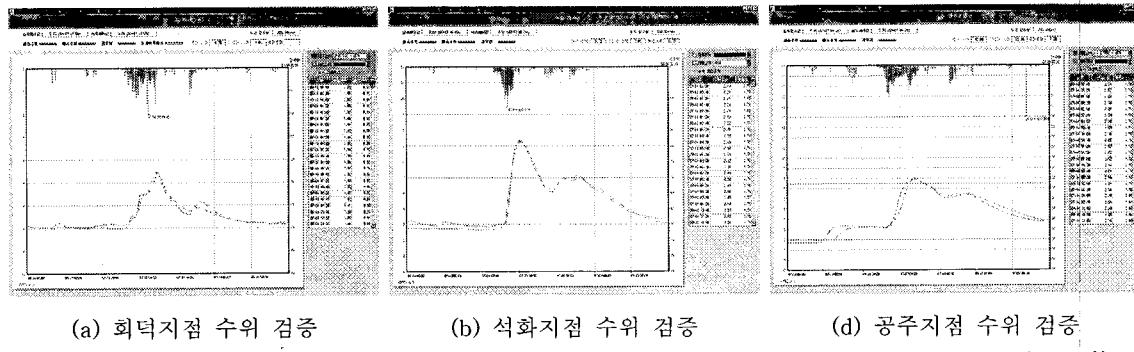
모형상수는 실측자료가 측정되고 예측치와 직접 비교해 가면서 수정하게 되는데 수정된 모형상수에 의해 유량을 계산하여 실측치와 비교해 보고 결과가 좋지 않으면 다시 모형상수를 수정하여 계산을 실시하므로 사용되는 모형상수는 유역이나 하도를 대표하는 값이어야 하며, 실제 홍수추적에서 모형상수는 홍수의 크기에 따라 변화할 수 있으나, 산정되어 있는 기본값으로부터 약간씩 변화를 주어 홍수예측을 하는 것이 정확도

나 업무효율성 측면에서 유리하다. 따라서, 홍수예측 정확도 및 신속성 제고를 위해서는 매개상수 조정시 변화를 최소화시킬 수 있는 기본값의 설정이 중요하다.

개선된 홍수예보프로그램에 대한 검증을 위해 신설 및 T/M화로 기기변경된 T/M우량관측소와 T/M수위 관측소의 자료를 이용할 수 있는 홍수사상을 수집하였다. 홍수사상은 2006년 7월 14일 00시부터 7월 20일 23시 30분과 2006년 7월 26일 00시부터 7월 30일 23시 30분 자료를 이용하였다. 금강유역에 대한 모형상수의 검증을 위하여 선행토양함수조건으로 AMC-III에 해당하는 유출율이 적용되었다.

저류함수법을 이용한 홍수유출 예측시 실측치와 계산치를 일치시키기 위하여 사용되는 방법에는 “모형상수 고정 방법”, “실측치 대치방법”, “6시간전 자료를 이용한 모형상수 조정과 실측치 대치방법”, “현재까지 실측자료를 이용한 모형상수 조정방법” 등이 있다. 마지막 방법은 현재까지 얻어진 실측자료를 이용하여 최종 예측이 끝날 때까지 매시간마다 모형상수를 조정하는 방법으로 현재 우리나라에서 가장 일반적으로 사용하고 있다. 여기에 현재 측정된 실측유량을 대치하는 것도 가능하다.

2006년 7월 14일부터 20일까지 발생한 홍수기에 대해 수문학적 모형과 수리학적 모형의 수위를 검증하였다. 그림 5는 각각 회덕, 석화, 공주지점 수위 검증이다.



(a) 회덕지점 수위 검증 (b) 석화지점 수위 검증 (d) 공주지점 수위 검증

그림 5. 과거 홍수사상을 이용하여 모형상수를 개선한 결과화면(2006년 7월 14 ~ 20일)

금강유역에서의 실측치와 예측치의 홍수수문곡선의 형태가 어느 정도 나타난 상태에서는 모형상수의 수정이 가능하다. 그러나 곡선의 형태가 나타나지 않는 경우는 과거홍수사상에서 실측치와 예측치를 맞추어 가면서 수문·수리학적 경험을 근거로 모형상수를 결정할 수밖에 없다.

3. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 중설 및 계획된 수문관측소를 반영하여 소유역 및 하도분할을 재분할 하였다. 기존 36개의 소유역으로 구성되었던 금강 홍수예보시스템이 68개의 소유역으로 재구성되었다. 또한 금강유역 전체에 대해서 신설된 우량관측소를 반영하여 티센망을 재작성하고 강우 결측치 보완을 위한 RDS 계수가 재산정되었다. 분할된 소유역을 금강 홍수예보시스템에 반영하여 유출모형변수를 재산정하고 검증하여 개선된 기본값을 제시하였다.

홍수사상에 대한 수문자료가 축적되면, 호우원인과 강우의 지역적 분포, 강우의 이동형태 및 AMC조건 등을 조사하여 호우의 특성을 파악하고 최적의 매개변수를 조정하여 유사한 홍수가 발생할 경우 이미 저장되어 있는 대표홍수의 매개변수를 호출하여 사용함으로써 수정시간을 단축할 수 있다. 또한, 유량측정 지점 및 횟수의 확대를 통해 수위-유량곡선의 신뢰성을 높이고, 레이더 등을 이용한 정확한 강우량의 산정과 예측이 이루어진다면 정확성 및 신뢰성 높은 홍수예보가 이루어 질 것이다.

참 고 문 현

1. 건설교통부 금강홍수통제소(2003). 용담댐 및 미호천에 대한 금강홍수예경보 시스템 개선
2. 건설교통부 금강홍수통제소(2006). 금강하류부 하도의 홍수예측모형 개발
3. 건설교통부 대전지방국토관리청(2002). 금강수계 하천정비기본계획.