

漢江水系 洪水豫警報 改善方案

정 상만* 홍 일표** 이 동철*** 김 현준****

要 旨

本 研究에서는 漢江洪水豫警報를 위한 既存 Telemeter 水文觀測網의 現況을 조사하고 洪水예경보 프로그램을 檢討하여 改善方案을 제시하였으며, 豪雨事象을 分析하여 漢江流域에 대한 호우의 원인 별 時間分布를 권역별로 나타냈고 降雨空間分布에 대한 分析을 실시하였다.

또한, 流出豫測 프로그램의 流域流出模型과 河道流出模型의 變數를 決定하고, 豫警報地點別 流出豫測 프로그램을 檢討하여 改善하였다.

1. 서론

현재 운용하고 있는 한강홍수예경보 프로그램은 일본 도네가와(利根川)에서 사용하던 홍수예경보 프로그램을 '77년에 한강유역 실정에 맞추어 수정보완하여 사용하던 중 '85년 남한강 유역에 충주 다목적 댐이 건설됨에 따라 이를 반영하여 프로그램을 개선한 바 있으나 그후 한강종합개발사업과 평화의 댐 건설 등 개발사업의 시행으로 하천의 유출특성이 변화하여 홍수예보에 많은 오차가 수반 되어 이의 수정보완을 위해 홍수예경보 시스템의 검토, 수문관측 지점의 적정성 검토 및 개선방안, 홍수예경보 프로그램의 개선방안 등을 통하여 보다 정확한 홍수예측을 할 수 있도록 하였다.

2. 기존 홍수예경보 시스템의 검토

2.1 기존 T/M 수문관측망의 검토

현재 한강유역내에 설치되어 운영되고 있는 T/M 수문관측소는 우량관측소 65개소, 수위관측소 24개소, 댐 수위관측소 6개소이며, 주로 홍수시에 홍수예보를 위하여 이들 자료를 이용하고 있다.

* 한국건설기술연구원 선임연구원

** , ***, **** 한국건설기술연구원 연구원

홍수에보란 강우에 의한 하류지점에서의 유출을 미리 예측하는 것으로서, 유출에 영향을 미치는 가장 중요한 요소는 강우량이며 우량관측소에서 관측된다. 또한, 유출을 확인할 수 있는 곳은 수위 관측소로서 이들 두 관측소의 중요성은 주지하고 있는 바이다. 따라서, 한강 전유역에 대한 수문관측소의 분포의 적정성을 검토하기 위하여 각 소유역별 분포를 고려한 지형학적인 배치상태와 과거 자료를 분석하는 두가지 방법을 이용하였다.

한강의 유역면적은 26,199 km²로 Telemeter(T/M) 우량관측소는 약 400 km²에 1개가 설치되어 있으며 고도별로는 해발 20m 부터 해발 830m 까지 분포되어 있고 평균고도는 해발 262m이다. 지형학적인 배치상태의 분석 결과 우량관측소는 보다 정확한 유역평균우량을 얻을 수 있도록 각 소유역내에 고르게 배치되도록 제안하였으며, 수위관측소는 각 소유역별 유출사항을 파악할 수 있도록 소유역의 출구에 관측소가 없는 경우 설치할 것을 제안하였다.

현재 기준관측소에서 강우의 결측이 발생할 경우 사용되는 RDS(Reciprocal Distance Method) 보완방법이 이용되는 인근관측소간의 동시 호우자료를 상관분석한 결과 관측소간의 고도 및 거리에 따른 상관성을 비교적 낮게 나타나고 있었는데 이는 호우시 관측소간의 상관성은 호우의 진행방향 등에 의해 더 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

3. 수문관측 지점의 검토 및 개선

3.1 수문관측 추가지점의 결정

강우관측지점은 항상 어떤 면적의 우량을 대표하기 때문에 먼저 도상작업으로 선정한 후 현지 상황에 따라 적절히 결정하여야 한다. 설사 지도상에서 선정된 지점이 적절한 지점으로 판정될지라도 현지조사에 의한 결과와는 상당한 차이점이 있기 때문에 우선 도상에서 선정한 후 현지조사를 통해 최종적으로 결정한다.

우량관측소의 선정시 필요한 여러가지 조건들을 고려하여 T/M 우량관측소의 신설을 계획할 때 기본적으로 결정해야 할 사항은 관측밀도라 할 수 있다. 본 과업에서는 현재 약 400 km²인 T/M 우량관측소의 관측밀도를 세계기상기구(World Meteorological Organization)에서 제안하고 있는 최소의 관측밀도인 200 km²에 부합될 수 있도록 관측밀도를 조정하기로 하였다.

한강유역 전체를 대상으로 지형적인 검토를 하였을 때 소양댐 및 충주댐 상류는 산세가 험한 산악지형으로 타 지역보다는 관측밀도가 조밀해야 할 것으로 판단되며, 서울 인근 지역은 주로 평지가 많은 곳으로서 상대적으로 우량관측소는 지배면적이 넓어도 될 것으로 판단된다. 따라서 소양댐 및 충주댐 상류에 대해서는 150 km², 서울인근은 250 km²의 관측밀도에 맞추고 나머지 지역들에 대해서는 200 km²의 격자망을 구성하여 기존 T/M 우량관측소의 배치상태를 고려하여 유역내에 고르게 분포될 수 있도록 하였다.

수위관측소에서는 하천의 수위를 측정하여 유량을 파악하는 것이다. 홍수예경보의 운영상 각각의 소유역 출구에는 T/M 수위관측소가 있어 해당 소유역으로부터의 유출상황을 즉각적으로 파악할 수 있어야 하며, 이에 따라 제반상수를 조정하여야 만이 보다 정확한 홍수예측을 할 수 있을 것이다. 따라서 소유역 출구를 중심으로 표 1과 같이 7개의 T/M 수위관측소를 신설할 것을 제안한다.

표 1 신설대상 수위관측소

명 칭	주 소	비 고
평화의댐	강원도 화천군 화천읍 수하리	
홍 천	강원도 홍천군 홍천읍 연봉리(홍천교)	기존자기
목 계	충북 증원군 엄정면 목계리(목계교)	기존자기
평 창	강원도 평창군 평창읍 중리(평창교)	기존자기
정 선	강원도 정선군 정선읍 복실리(정선1교)	기존자기
괴 산 댐	충북 괴산군 철성면 사은리	
강 천	경기도 여주군 강천면 강천리	

3.2 홍수예경보 지점에 대한 적정성 검토

한강 수계내의 홍수예경보 지점은 인도교, 고안, 청평, 여주가 운영되고 있었으나, 과거 운영 실적 및 예경보 효과를 고려하여 '71년에 청평과 고안은 제외를 시키고 현재는 인도교와 여주에 대해서만 운영하고 있다.

홍수예경보 지점이란 홍수로 인한 피해가 발생할 우려가 있을 경우 인근 주민에게 이를 알려 사전에 대피토록 하여 인명과 재산의 피해를 최소화할 수 있도록 하는 지점이므로 인근 주변이 인구 밀집지역이나 부가가치가 많은 공장지대, 또는 홍수의 통제상 중요한 지점에 설치되어 있어야 한다.

한강유역내 인구 밀집지역과 공장 및 상업지구 등 부가가치가 높은 지역은 여러곳이 있다. 그러나, 한강본류에 위치하고 있거나 하천이 관통하는 도시지역은 서울, 춘천, 충주이며, 본류가 아니더라도 홍수시 상승적으로 침수가 되는 지역은 왕숙천이 흐르는 구리시이다. 이상과 같은 4개 지점에서 홍수시 하천수위의 상승으로 직접적으로 피해를 입는 지역은 서울의 강동구 일대와 구리시, 그리고 충주댐 하류에 위치한 충주시라 할 수 있다.

과거 홍수시 피해현황을 분석하여 한강수계내 홍수예경보 추가지점을 첫째 서울의 천호대교, 둘째 경기도 구리시 왕숙교, 셋째 충북 충주시 목행교의 순으로 선정하였다.

4. 홍수에경보 프로그램의 개선방안 검토

4.1 강우의 시·공간분포의 분석

홍수에경보 프로그램은 크게 나누어 강우예측과 유출계산 프로그램으로 나눌 수 있다. 이중 강우예측 프로그램은 강우의 지역적 분포특성이 비슷한 지역으로 분할된 각 유역의 총 강우량, 강우지속기간 및 강우의 시간분포형 등을 결정한 후 예측된 총 강우량을 강우의 시간분포형에 따라 각 유역의 유역평균우량으로 분포시켜 강우를 예측하고 있다.

강우의 시·공간분포형을 분석하기 위하여 단일 호우사상의 선정기준에 대한 분석을 수행하고 이들에 의해 분석된 결과를 이용하여 단일 호우사상을 선정한 후 이를 호우사상들의 공간적 분석에 의하여 비슷한 강우 특성을 가지고 있는 지역으로 한강유역을 A, B, C 세지역으로 분할하였다. 그리고 유역평균우량을 산정한 후 강우의 시간분포형들을 제시하였다.

1975년부터 1990년까지 한강유역에 발생한 호우중 총우량 30 mm 이상인 사상만을 선정하여 월별 강우원인별 호우의 발생빈도를 파악하고 연속호우중 무강우시간에 따른 단일호우사상에 대한 분석을 하여 무강우시간이 6시간 이상이면 단일호우로 선정하였다. 각 전역별로 호우발생원인에 따라 강우의 시간분포형을 작성하였다.

또한, 유출은 강우의 공간분포에 따라 커다란 영향을 받는다. 이를 위하여 주요호우사상의 이동경로를 분석하였다. 한강은 유역면적이 상당히 큰 유역으로 유역면적에 따라 지속기간별 누가면적에 대한 최대강우량을 조사하므로써 유출예측에 필요한 정보를 얻고자 DAD(Deapth- Area-Duration) 분석을 하였다.

4.2 유출예측프로그램의 검토

유출예측 프로그램의 유역유출모형과 하도유출모형의 변수를 결정하고, 예경보 지점별 유출예측 프로그램을 검토하였으며, 댐의 실측방류량을 사용하여 댐하류 지점의 유출계산의 정도를 높이고록 프로그램을 수정하였다.

(1) 홍수규모별 유출예측 모형의 변수 결정방안 검토 및 분석

유역의 유출계산을 위한 저류상수는 과거 우량 및 수위 또는 유량 자료를 이용하여 구하며 상수고정법, 상수역산법, 초기유량 평가법 등이 있다. 이들 방법 중 가장 보편적으로 사용되는 상수고정법을 이용하여 서면, 영월1, 달천, 문막 수위표 지점을 기준으로 합성소유역을 저류상수와 지체시간을 구하였으며 소유역 출구지점에서의 유량 자료가 없는 유역의 저류상수는 합성 소유역의 저류상수와 지체시간을 유역특성과의 상관관계를 분석하여 추정하였다.

하도에서의 저류상수는 실측유량 자료가 있는 경우와 없는 경우로 각각 나누어서 추정이 가능하

다. 본 유역에서는 분할된 하도구간의 입구점 및 출구점에서 동시의 유량 자료가 있는 지점이 많지 않기 때문에 양호한 하천측량 성과가 있는 10개의 하도구간에 대해 저류상수 및 지체시간을 구하고 이를 지형인자와 상관시켜 다른 하도의 저류상수를 산정하였다.

(2) 저류함수법의 매개변수 조정 방안

홍수예경보 업무에 보다 정확한 유출계산을 할 수 있도록 하기 위해 과거 실적을 토대로 매개변수를 조정해가며 유출계산을 실시하였다. 문막 지점의 경우 과거 실적을 토대로 각 저류상수의 변화에 따른 계산결과를 비교한 바 홍수량이 비교적 작은 경우는 유역의 저류상수나 포화우량을 조정하여 실측치에 맞출 수 있었고, 홍수량이 큰 경우는 하도저류상수 k를 조정하여 실측치에 보다 근접시킬 수 있었다.

(3) 예경보 지점별 유출예측 프로그램의 검토

예경보 지점별로 유출예측 프로그램을 실행시키기 위해 한강유역의 유출모식도에서 기존의 5개 대유역을 이용하였다. 유출예측 프로그램의 실행을 표 2와 같은 5개의 경우로 구분하여 실행할 수 있도록 개선하였다.

표 2 예경보 지점별 유출예측 프로그램의 실행 구분

구 분	해당 대유역	댐	수위예측지점
CASE 1	I	화천댐	-
CASE 2	I, II	화천댐, 소양강댐	서면, 청평
CASE 3	III	충주댐	영월1
CASE 4	III, IV	충주댐	영월1, 달천, 문막, 여주
CASE 5	I, II, III, IV, V	화천댐, 소양강댐, 충주댐	서면, 청평, 영월1, 달천, 문막, 여주, 고안, 인도교

(4) 댐하류 지점의 예측유량 정도향상을 위한 프로그램 검토

댐 하류지점의 예측유량의 정도를 높이기 위해서는 무엇보다도 댐에서의 실측자료를 이용하여야 한다. 현 홍수예경보 프로그램에서는 화천댐, 소양강댐, 청평댐, 충주댐, 팔당댐의 실시간 방류자료를 유출계산에 이용하도록 하고 있으나 실측방류량의 대치에 프로그램 상의 문제점이 있어 현상 태로는 이들 댐의 실시간 자료를 유출 계산에 이용하지 못하고 있는 형편이다. 화천댐, 소양강댐은 댐의 방류량을 결정하는 Subroutine DAMOPE에 이들 실측방류량 대치 부분이 없으며, 충주댐의 경우는 Spillway Rule Curve방법에만 실측방류량을 대치할수록 되어 있다. 또한 청평댐과 팔당댐은 직 하류에 청평수위표 및 고안 수위표가 있어서인지 수위표지점의 수위-유량관계식과 댐의 실측방류량

을 혼용하고 있다. 따라서 이들 부분을 모두 수정함으로써 실시간 دم자료를 이용하여 유출계산의 정확도를 높일 수 있도록 하였다.

5. 결론

한강홍수에경보 시스템의 개선을 위하여 유역내 수문관측망의 적정성과 기존 홍수에측 프로그램의 문제점 및 개선방안을 검토하였으며, 강우의 시·공간분포형 분석, 유역과 하도에서의 홍수추적을 위한 모형변수 결정, 댐 연계 운영방안 검토를 수행하였다.

수문관측망에 대한 검토 결과 우량관측소의 밀도를 충주·소양강댐 상류 유역은 150 km², 팔당댐 상류 유역은 200 km², 팔당댐 하류는 250 km²로하여 한강유역 전체로 볼 때 평균 200 km²가 될 수 있도록 66개소의 우량관측소 증설을 제안하였으며 수위관측소는 소유역의 출구를 중심으로 7개소의 증설을 제안하였다.

강우의 시·공간 분포형을 분석하기 위하여 기상청 19개 관측소 및 측후소와 건설부 T/M 우량관측소의 강우자료에서 강우발생 원인 및 총 강우량별로 자료를 수집하고 단일호우 선정을 위한 분석의 결과를 이용하여 연속강우자료에서 6시간이상 무강우이면 단일호우로 분리하여 단일호우사상들을 선정하였다. 또한 단일호우사상들을 분석하여 강우특성이 비슷한 지역으로 한강유역을 서울, 인천, 수원, 춘천지역, 이천, 충주, 제천, 양평, 원주, 홍천, 인제지역, 충주댐 상류지역 등의 세 지역으로 분할하였다. 그리고 이들 세 지역에 대하여 30 mm이상인 각 단일호우사상들의 유역평균우량을 산정하여 월별, 지속시간, 총강우량, 강우의 발생원인별로 강우의 시간적 분포형을 제시하여 강우예측 프로그램에 이용하고자 하였다.

유역유출 모형 변수결정을 위하여 30개의 소유역으로 분할되어 있는 한강유역을 몇개의 소유역을 합하여 유량자료가 있는 합성소유역으로 재구성하였으며 이때 유역면적이 1,000 km² 정도의 유역만을 채택하였다. 채택된 합성소유역은 서면, 영월1, 달천, 문막 등 4개이며 4개 합성소유역에 대한 주요 홍수사상을 이용하여 유역평균 우량주상도를 구하며 상수고정법을 적용하여 합성소유역의 홍수기록으로부터 그 소유역에 맞는 저류상수 K, P와 지체시간 T₁을 산정하였다.

홍수에경보 지점별로 유출예측 프로그램을 실행시키기 위해 기존에 나누어진 5개 대유역을 이용하여 각 유역별로 홍수량을 계산할 수 있도록 프로그램을 수정하였다

참고 문헌

1. 건설부, 남한강 하상 변동 조사 보고서, 1982.
2. 건설부, 방재 종합대책 중장기 계획조사 보고서, 4권, pp. 194-291, 1988b.

3. 건설부, 한강홍수통제소, 한강홍수예경보, 1979-1990.
4. 건설부, 한강홍수통제소, 한강 홍수예경보 프로그램 개선 보고서, 1975.
5. 건설부, 한강홍수통제소, 한강 홍수예경보 유출 및 상수분석 보고서, 1980.
6. 건설부, 한강홍수통제소, 충주 다목적댐 건설에 따른 한강 홍수예경보 프로그램 개선 보고서, 1985.
7. 한국건설기술연구원, 유출시험 구역의 설계, 1990.
8. Chow, V. T., D. R. Maidment, and L. W. Mays, Applied Hydrology, McGraw- Hill, p. 53, 1988.
9. Crawford, N. H. and R. K. Linsley, Digital Simulation in Hydrology : Stanford Watershed Model IV, Technical Report No. 39, Dept. of Civil Eng., Stanford University, 1966.
10. Hoggan, D. H., Computer-Assisted Floodplain Hydrology & Hydraulics, McGraw-Hill ,p. 118, 1989.
11. Husain, T., "Flow Simulation Using Channel Network Model", J. Irrigation and Drainage Eng., ASCE, Vol. 114, No. 3, pp. 424-441, 1988.
12. Wasimi, S. A. and P. K. Kitanidis, "Real-Time Forecasting and Daily Operation of a Multi-reservoir System During Floods by Linear Quadratic Gaussian Control", Water Resources Research, Vol. 19, No. 6, pp.1511-1522, Dec., 1983.
13. Yen B. C., and Akan, A. O. "Flood Routing Through River Junctions", presented at Rivers '76 Symposium, ASCE Waterways, Harbors and Coastal Engineering Divisions, 1976