

한강홍수예경보 유출프로그램 개선

김 현준* 정 상만** 서 병하***

요 약

현재 한강유역의 홍수예경보에 이용되고 있는 한강홍수예경보 프로그램은 실측부분과 예측부분으로 구분된다. 실측부분은 유역에 산재해 있는 각 T/M 우량국, 수위국, 댐국으로부터 Micro Wave로 전송된 자료를 처리하는 것이 주목적이며, 전체 6개의 프로세스로 구성되어 있다. 예측부분은 파 일 초기화 프로세스, 현시간까지의 T/M 자료 정리 프로세스, 강우예측 프로세스, 유출계산 프로세스 및 결과출력 프로세스 등 총 5개의 프로세스로 구성되어 있으며, 실측 우량과 유량으로부터 주요지점의 홍수예측을 한다.

각 프로그램을 검토한 결과, 유출계산 프로그램에서 댐의 저수량 계산과 댐의 실측방류량 및 주요지점의 실측유량을 이용할 경우에 미비점이 있어서 이를 수정하였다. 특히 화천댐, 소양강댐, 충주댐 및 팔당댐의 실측방류량을 사용하여 하류측의 홍수예측 정도를 높이기도 하였다.

1. 서론

한강유역의 홍수예경보 업무는 1974년에 한강홍수통제소가 설치되어 이듬해인 1975년부터 인도교 및 주요지점에 대해 홍수예측을 실시하여 지금에 이르고 있다. 한강홍수예경보 시스템을 구축한지 10여년 동안 유역유출조건이 변화되고 양질의 수문자료가 축적됨에 따라 각종 상수틀 지속적으로 수정하였으며, 주전산기의 교체와 T/M 우량국 및 수위국의 증설, 수위-유량곡선의 갱신에 따라 프로그램을 수정하여 왔다. 또한, 1985년에는 남한강 본류에 충주다목적댐이 건설됨에 따라 하도의 유출특성이 변하고 충주댐의 운영에 따른 영향을 고려하도록 프로그램을 수정하였다. 그러나 매년의 홍수예측 결과가 실측치와 다소의 차이가 발생하고 있으며, 따라서 효과적인 홍수예경보 업무가 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

* 한국건설기술연구원 연구원

** 한국건설기술연구원 선임연구원

*** 한국건설기술연구원 연구위원

이에 본 연구에서는 현재 한강홍수예경보에 이용되고 있는 제반 프로그램을 검토하여 그 문제점을 찾고, 아울러 개선책을 제시함으로써 홍수예측의 정도를 높여 효율적인 홍수예경보업무를 수행할 수 있도록 하고자 한다.

2. 유출 프로그램의 분석 및 수정

2.1 유출 프로그램의 분석

유출 프로그램 X5RUNOFF는 그림 1과 같이 1개의 주프로세스와 14개의 부프로세스로 구성되어 있으며, D5RUNOFF 파일로부터 유역 및 하도의 특성에 대한 정보를, MASTER1 파일로부터 강우자료를 입력받아 유역과 하도의 유출을 계산하고 화천댐, 소양강댐 및 충주댐에 대해 댐조절 계산을 수행한다.

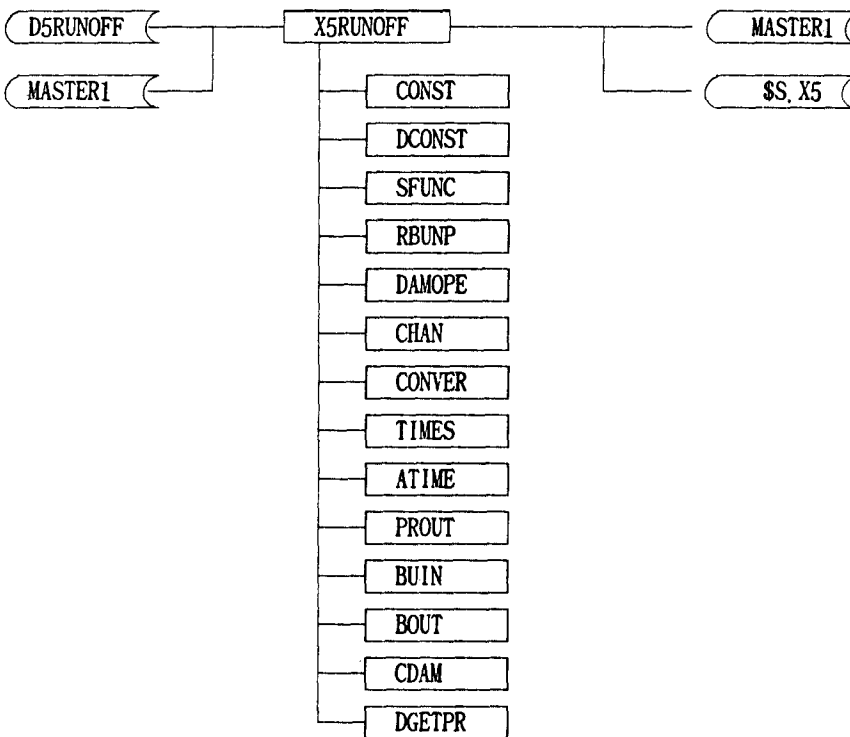


그림 1. X5RUNOFF 구성도

2.2 유출 프로그램의 수정

유출 프로그램중 일부 잘못 코딩된 부분과 실측된 댐방류량의 대치에 있어서 문제가 발생하는 부

분을 모두 수정하였으며, 특히 Subroutine DAMOPE와 CDAM에서의 수정 사항은 다음과 같다.

① Spillway Rule Curve 에서

화천댐, 소양강댐의 t시간 저수량 계산은 $S(t) = S(t) + O(t) \cdot 0.0018$

인데 충주댐의 경우는 $S(t) = S(t)$ 으로 되어 있어 화천댐, 소양강댐과 같은 식으로 수정하였다.

② 화천댐, 소양강댐, 충주댐의 저수량 계산에서

$S(t) = S(t-1) + (I(t) + I(t-1)) \cdot \Delta t / 2 - QO(t-1) \cdot \Delta t$ 인데

$QO(t-1) \cdot \Delta t / 2$ 로 되어야 한다.

③ 댐 operation에서 화천댐, 소양강댐의 경우는 실측대치 부분이 없고 충주댐의 경우도 Spillway Rule Curve 방법에만 실측대치 부분이 있으며 방류량만 대치하고 유입량, 저수량의 대치부분은 3개 댐 모두 없다. 따라서 3개 댐 모두 실측방류량, 실측유입량, 실측저수량을 대치할 수 있도록 수정하였다.

3. 프로그램 수정후 유출 계산

3.1 홍수사상의 정리

홍수예경보 프로그램에서 발견된 여러 문제점들을 검토 수정한 후 1987년부터 1990년 사이에 발생한 홍수사상에 대하여 유출계산을 실시하였다. 한강홍수예경보(건설부, 한강홍수통제소, 1991)책 자에는 1990년에 발생한 각 홍수에 대하여 실제 홍수예경보에 사용한 변수를 제시하고 있다. 본 유출계산에서는 이들 자료를 각 홍수에 적용하였으며 1987년부터 1989년까지의 홍수에 대해서는 실제 사용된 변수를 파악할 수 없는 관계로 1990년 홍수에 적용된 변수를 참고하여 사용하였다.

대상 홍수사상은 총 16개이고 강우량이 가장 많은 경우는 1990. 9. 9의 홍수로 유역평균 우량이 369mm이며, 강우량이 가장 작은 경우는 1987. 8. 7의 경우로 유역평균 64mm의 강우를 나타내고 있다.

유출계산의 결과는 청평, 달천, 문막, 여주, 고안, 인도교, 영월1, 서면 지점은 수위를 화천댐, 소양강댐, 충주댐은 유입량, 방류량, 저수량을 실측값과 계산값을 대비하였다.

3.2 댐하류측 홍수예측 정도 향상을 위한 프로그램 검토

댐하류지점의 홍수예측의 정도를 높이기 위해서는 무엇보다도 댐에서의 실측자료를 이용하여야 한다. 현 홍수예경보 프로그램에서는 화천댐, 소양강댐, 청평댐, 충주댐, 팔당댐의 실시간 방류량 자료를 유출계산에 이용하도록 하고 있으나 실측방류량의 대치에 미비점이 있어서 현재상태로서는 이들 댐의 실시간 자료를 유출계산에 반영하지 못하는 형편이다. 화천댐, 소양강댐은 댐의 방류량을 결정하는 Subroutine DAMOPE에 이들 실측방류량 대치 부분이 없으며, 충주댐의 경우는 Spillway Rule Curve방법에만 실측방류량 대치 부분이 있으나 실제 홍수예경보 업무에서는 실측방류량을 전혀 사용하지 못하고 있는 실정이다. 또한 청평댐과 팔당댐은 직하류에 청평수위표 및 고안수위표가

있어서인지 이들 수위표지점의 수위-유량관계식과 댐의 실측방류량을 혼용하고 있다. 따라서 이들 부분을 모두 수정함으로써 실시간 자료를 이용하여 댐하류측 유출계산의 정확도를 높이고자 한다.

1) 실측 댐방류량을 이용한 유출 계산

현 프로그램에서는 화천댐, 소양강댐 및 충주댐의 방류량만 실측자료를 사용하고 댐의 유입량은 저류함수법에 의한 댐상류유역에서의 유출량으로 하기 때문에 실제의 댐 상황과는 유입량과 저수량에서 많은 차이가 발생한다.

그림 2와 그림 3은 인도교지점에 대해 실측대치를 안한 경우(SIM.1), 방류량만 대치한 경우(SIM.2) 유입량, 방류량, 저수량을 대치한 경우(SIM.3)의 '90년 8월 31일의 홍수사상(FD900831)과 '90년 9월 9일의 홍수사상(FD900909)에 대한 예측결과이다. 그림에서 보듯이 현재시간인 9월 3일 0시나 9월 13일 0시까지는 방류량만 대치한 경우와 유입량, 방류량, 저수량을 대치한 경우의 예측수

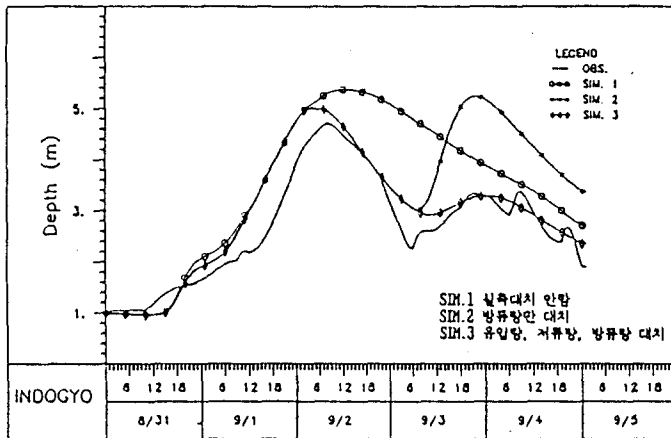


그림 2 실측 대치방법에 따른 인도교지점의 유출수문곡선 (FD900831)

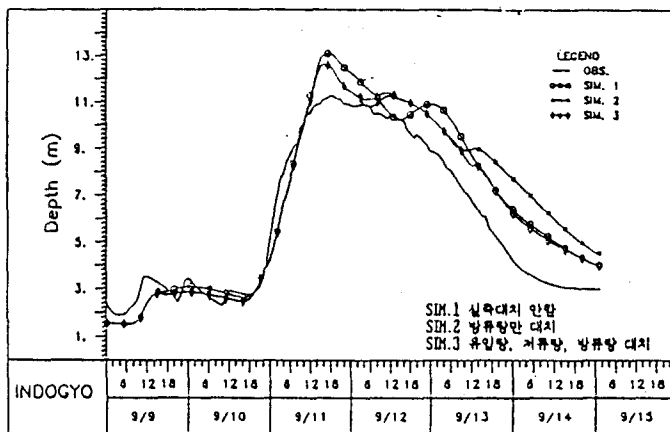


그림 3 실측 대치방법에 따른 인도교지점의 유출수문곡선 (FD900909)

위가 똑같은 모습을 보여주고 있다. 그러나 현재시간 이후인 예측시간대에 가서는 현저한 차이를 보여주고 있는데, 이는 방류량만 대치할 경우 실제의 댐 유입량보다 많은 유입량이 계산되어 저수량이 커지고 이 저수량의 영향이 현재 시간이후에 방류되는 것으로 나타나기 때문이다.

표 2는 인도교지점에서 각 실측대치방법에 따른 오차를 제시한 것으로 표에서 보듯이 실측방류량 대치를 한 경우가 실측방류량 대치를 안한 경우보다 실측수위에 더욱 근접함을 알 수 있으며, 현재

표 2. 실측 대치 방법에 따른 실측치와 예측치의 오차 계산 결과 (인도교지점)

홍수 이름	구 분	인도교					
		기준시간 ~ 현재시간				현재~예측종료	
		형상 오차율	RMS (m)	첨두 수위차 (%)	첨두 시간차 (hr)	형상 오차율	RMS (m)
FD900618	CASE 1	0.0394	1.1738	10.22	4.0	0.0085	0.5295
	CASE 2	0.0413	1.2018	15.03	3.0	0.0174	0.7575
	CASE 3	0.0413	1.2018	15.03	3.0	0.0129	0.6537
FD900623	CASE 1	0.0636	1.3865	23.88	-19.0	0.0193	0.6334
	CASE 2	0.0366	1.0514	16.71	-6.0	0.0207	0.6562
	CASE 3	0.0366	1.0514	16.71	-6.0	0.0129	0.5184
FD900717	CASE 1	0.0227	1.0004	23.50	-5.0	0.0019	0.2333
	CASE 2	0.0130	0.7561	17.76	-4.0	0.0046	0.3630
	CASE 3	0.0130	0.7561	17.76	-4.0	0.0026	0.2738
FD900723	CASE 1	0.0340	1.0404	24.00	-6.0	0.0235	0.7910
	CASE 2	0.0159	0.7108	17.43	-4.0	0.0280	0.8634
	CASE 3	0.0159	0.7108	17.43	-4.0	0.0142	0.6157
FD900820	CASE 1	0.0888	1.0146	-1.48	-2.0	0.0321	0.8166
	CASE 2	0.0835	0.9837	-9.61	-2.0	0.0353	0.8558
	CASE 3	0.0835	0.9837	-9.61	-2.0	0.0355	0.8587
FD900831	CASE 1	0.0286	0.8015	-14.01	-5.0	0.1495	1.3167
	CASE 2	0.0116	0.5107	-6.16	5.0	0.1752	1.4254
	CASE 3	0.0116	0.5107	-6.16	5.0	0.0085	0.3131
FD900909	CASE 1	0.0066	0.9191	-16.25	0.0	0.0481	1.9608
	CASE 2	0.0050	0.8038	-12.12	2.0	0.0862	2.6251
	CASE 3	0.0050	0.8038	-12.12	2.0	0.0366	1.7116

주) CASE 1 : 실측대치 안한 경우

CASE 2 : 실측 방류량만 대치한 경우

CASE 3 : 실측 유입량, 저류량, 방류량을 대치한 경우

시간부터 예측종료시간까지의 오차를 볼 때 실측자료를 사용하더라도 방류량만 사용하는 것 보다는 유입량, 방류량, 저수량 모두 실측자료를 사용하는 것이 보다 좋은 결과가 됨을 보여주고 있다.

2) 실측대치 지점에 따른 유출 계산

인도교 수위표 지점은 한강홍수예경보 업무에 있어서 가장 중요한 지점으로서 이 지점의 수위 예측을 위하여 상류측에 있는 여러 댐(화천댐, 소양강댐, 충주댐, 청평댐, 팔당댐)의 실측 방류량과 여주수위표 지점의 실측유량을 이용하여 좀 더 정확한 수위예측 방안을 찾아보기로 하였다.

먼저 실측대치를 안한 경우, 고안 지점을 실측치로 대치한 경우, 청평과 여주지점을 실측치로 대치한 경우 청평, 여주 및 고안지점을 실측치로 대치한 경우를 각각 살펴보면(여기서 청평 및 고안 지점은 수위표 지점이 아니라 청평댐 및 팔당댐의 방류량 대치를 의미함), 실측자료를 이용하는 경우에 있어서 그 예측정도가 훨씬 높고 현재시간까지는 어느정도 실측치와 근접하나 예측시간대에서는 상당한 차이를 보이고 있는데, 그 이유는 상류의 화천댐, 소양강댐 및 충주댐에서의 계산결과가 실제의 상황과는 많은 차이가 있기 때문이다. 그림 4와 그림 5는 실측대치 안한 경우, 고안지점을

표 3. 실측대치 지점에 따른 인도교지점의 실측치와 예측치 오차 계산 결과

홍수 이름	구 분	기준시간 ~ 현재시간				현재~예측종료	
		형상 오차율	RMS (m)	첨두 수위차 (%)	첨두 시간차 (hr)	형상 오차율	RMS (m)
FD900831	CASE 1	0.0286	0.8015	-14.01	-5.0	0.1495	1.3167
	CASE 2	0.0023	0.2260	-1.61	3.0	0.1056	1.1070
	CASE 3	0.0034	0.2775	-12.42	0.0	0.0478	0.7145
	CASE 4	0.0023	0.2260	-1.61	3.0	0.0468	0.7371
	CASE 5	0.0116	0.5107	-6.16	5.0	0.0085	0.3131
	CASE 6	0.0023	0.2260	-1.61	3.0	0.0049	0.2383
FD900909	CASE 1	0.0066	0.9191	-16.25	0.0	0.0481	1.9608
	CASE 2	0.0037	0.6868	-6.44	0.0	0.0428	1.8495
	CASE 3	0.0045	0.7604	-2.94	0.0	0.0339	1.6463
	CASE 4	0.0037	0.6868	-6.44	0.0	0.0333	1.6327
	CASE 5	0.0050	0.8038	-12.12	2.0	0.0366	1.7116
	CASE 6	0.0037	0.6868	-6.44	0.0	0.0346	1.6646

- 주) CASE 1 : 실측대치 안한 경우
- CASE 2 : 고안(팔당댐) 지점 실측대치
- CASE 3 : 청평(청평댐), 여주 지점 실측대치
- CASE 4 : 청평(청평댐), 여주, 고안(팔당댐) 지점 실측대치
- CASE 5 : 화천댐, 소양강댐, 충주댐 지점 실측대치
- CASE 6 : 화천댐, 소양강댐, 충주댐, 고안(팔당댐) 지점 실측대치

실측치로 대치한 경우, 화천댐, 소양강댐 및 충주댐을 실측치로 대치한 경우 화천댐, 소양강댐, 충주댐 및 고안지점을 실측치로 대치한 경우로 앞서의 결과보다 예측시간대에서 실측수위와 예측수위의 차이가 훨씬 작아진 것을 알 수 있다. 이는 표 3의 오차계산결과가 나타내는 것처럼 주요댐의 실측방류량을 이용하여 유출계산을 하는 것이 인도교 수위예측을 보다 정확하게 함을 알 수 있다. 특히 화천댐, 소양강댐, 충주댐, 고안(팔당댐)의 방류량을 이용하는 경우 기준시간에서 현재시간까지는 물론 예측시간대에서도 그 계산정도가 매우 높음을 알 수 있다.

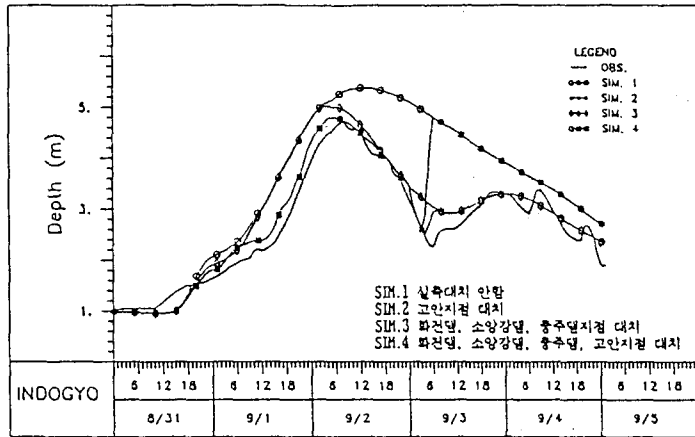


그림 4 실측대치 지점에 따른 인도교 지점의 유출수문곡선 (FD900831)

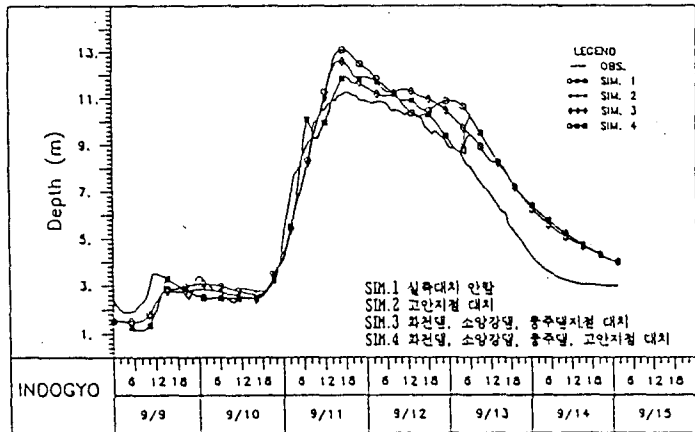


그림 5 실측대치 지점에 따른 인도교 지점의 유출수문곡선 (FD900909)

4. 결론

본 연구에서는 현재 한강홍수예경보에 이용되고 있는 홍수예경보 프로그램을 검토하여 문제점을

찾고, 개선책을 제시하여 홍수예측의 정도를 높이는데 그 목적이 있었으며, 본 연구를 수행한 결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 한강홍수예경보 실측 및 예측 프로그램을 검토하여 미비된 부분을 수정하였다.
- 2) 댐에서의 실측방류량을 대치할 경우 유입량과 저수량도 실측자료를 사용하여야 예측시간대에서의 하류측 계산결과가 양호하게 된다.
- 3) 인도교지점을 기준으로 할때 상류의 화천댐, 소양강댐, 충주댐 및 팔당댐의 실측 자료를 이용하므로써 예측정도를 높일 수 있었다.

참고 문헌

- 1) 건설부, 한강홍수통제소, 한강홍수예경보, 1979 - 1990
- 2) 건설부, 한강홍수통제소, 한강홍수예경보, 한강홍수예경보 프로그램 개선 보고서, 1975
- 3) 건설부, 한강홍수통제소, 한강홍수예경보, 충주 다목적댐 건설에 따른 한강홍수예경보 프로그램 개선 보고서, 1985
- 4) 건설부, 한강홍수통제소, 한강홍수예경보, 충주 다목적댐 건설에 따른 한강홍수예경보 프로그램 개선 프로그램 설명서, 1985