

하도추적 모형을 이용한 금강유역 홍수도달시간 산정에 관한 연구

○이은석¹⁾, 허준행²⁾, 고익환³⁾

1. 서론

하도추적은 자연하천의 하도가 홍수파에 미치는 저류효과를 측정하는 수단으로서 하천개수계획 수립을 위한 기본 수문량을 제공한다. 대상유역이 본류 및 지류의 여러 하천으로 복합적으로 구성되어 있는 경우 각 소유역의 유출량을 하도를 따라 정확히 추적함으로써 대상지점에서의 홍수량을 예측할 수 있다. 본 연구에서는 상류부 방류량에 대한 하류부 주요지점에서의 도달시간을 산정함으로써 상류부 홍수량에 대한 하류부 영향을 예측 가능하도록 수리·수문학적 모형을 구성하며 기존의 FLDWAV 모형을 이용하여 각 모형의 적용성을 비교하고 평가하였다.

2. 연구의 범위 및 가정사항

본 연구에서는 금강유역을 대상으로 수문학적 방법 및 수리학적 방법에 의한 하도추적 모형을 구성하였으며, 적용한 각각의 모형은 다음과 같은 제한사항을 갖는다.

Muskingum 모형을 이용하여 하도추적을 수행할 때 유입수문곡선과 유출수문곡선이 존재하는 경우에는 매개변수를 산정할 수 있으나 그렇지 않은 경우는 Muskingum-Cunge 방법에 의하여 매개변수를 구해야만 한다. 따라서 Muskingum 모형을 구성하고 적용하는데 유입수문곡선과 유출수문곡선이 필요하다(McCarthy, 1938).

운동파 모형을 적용하는 데 있어서 기본가정은 St.Venant 방정식의 기본 가정을 따르며 측방 유입(지류 유입)량은 무시한다. St.Venant 방정식의 기본 가정은 다음과 같다(Chow 등, 1988).

- 1) 흐름은 1차원 점변류 흐름으로 정수압 법칙이 성립하고, 흐름의 연직 가속도는 무시하며, 하도는 직선으로 가정한다. 일정한 밀도를 가지는 비압축성 유체에 대하여 적용한다.
- 2) 하도의 바닥경사는 작고, 하상은 고정되어 있으며 세굴은 무시한다.
- 3) 정상 등류상태의 난류의 저항계수는 Manning의 조도계수를 사용한다.

기타 홍수도달시간을 추정하는 방법으로는 하도구간의 홍수파의 전파를 추적하여 첨두홍수의 통과시간을 추적하는 방법, 평균유속을 측정하여 역산하는 법, 실제 수문곡선을 이용하는 방법, 그리고 염료 추적을 이용하는 방법 등이 있으며, 이 중에서 염료추적법이 가장 확실한 방법이나, 대하천의 홍수 흐름에는 적용하기가 쉽지 않다. 본 연구에서는 상하류부의 수위자료에 대한 상관계수를 계산하여 도달시간을 산정하는 상관계수 방법을 이용하였다.

FLDWAV 모형은 미국 기상청에서 개발한 하도추적 모형으로 기존의 DAMBRK 모형과 DWOPER 모형을 결합하고 각 모형의 제한점을 개선한 모형이다. FLDWAV 모형은 St.Venant 방정식을 4점 유한차분법으로 해석하며 상류와 사류에 모두 적용이 가능하고 Newtonian 흐름과 Non-Newtonian 흐름에도 적용 가능하다. 또한, 하도추적시에 여러 가지 추적기법을 선택할 수 있다.

1) 한국시설안전기술공단 진단2본부 댐항만실, 공학석사
2) 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목환경공학전공 교수, 공학박사
3) 한국수자원공사 수자원연구소 수자원연구부장, 공학박사

3. 모형적용 및 결과분석

3.1 유역 구성 및 자료 수집

금강 수계내 유출량 예측을 위하여 하도추적을 수행하고자 하도추적 모형에 입력자료로 사용되는 수위 및 유량자료 등을 수집하여 유역을 구성하였다. 대청댐, 매포, 금남, 공주, 규암, 강경 지점의 수위, 유량, 방류량 등의 자료를 수집하였으며 관련 수위-유량 관계식을 조사, 비교 분석하였고 FLDWAV 모형을 적용하기 위하여 대청댐 하류부 본류구간의 단면자료를 수집하였다(건설부;1998). 또한, 한국수문조사연보(건설교통부;1997~2000)와 금강홍수예경보(건설교통부, 금강홍수통제소;1997~2000)로부터 금강 유역내 주요 수위 지점에 대한 수위-유량 관계곡선식을 수집하였다. 정확한 유출수문곡선을 작성하기 위해서는 호우사상 발생년도와 수위-유량 관계곡선식의 개발년도가 일치해야 하며 대청댐 하류 수위표 지점의 갱신되는 수위-유량 관계곡선식의 변화가 적지 않은 금강 유역의 경우 이러한 필요성이 더욱 두드러진다.

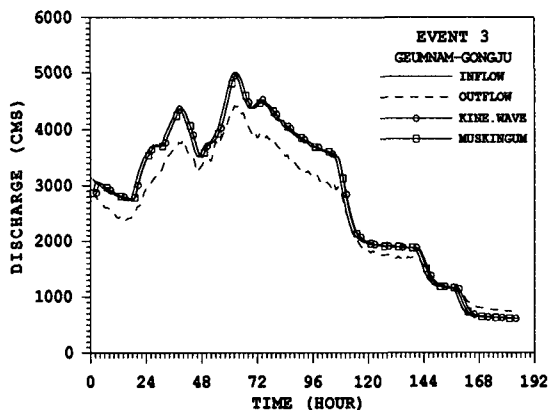
수위자료의 현황과 수위-유량 관계를 검토한 결과를 종합 분석해 본 결과 모형변수의 검증에 이용할 수 있는 유량 자료는 1997년~2000년의 자료라고 판단되며 이 기간 중에 발생한 홍수사상 중 대청댐의 여수로 방류량이 있는 기간으로 다음 표 1과 같이 5개의 홍수사상을 선정하였다.

표 1. 적용 홍수사상

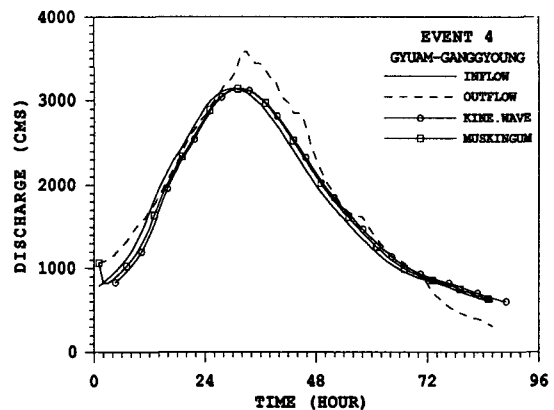
Event	기 간
1	1997. 7. 7 ~ 1997. 7. 10
2	1997. 8. 6 ~ 1997. 8. 9
3	1998. 8. 13 ~ 1998. 8. 21
4	1999. 9. 23 ~ 1999. 9. 27
5	2000. 9. 14 ~ 2000. 9. 17

3.2 모형별 하도추적 결과

다음 그림 1은 각 홍수사상별 하도추적 결과를 도시한 것으로 실선과 점선은 각각 구간의 상 하류부 수위표 지점에서의 유량을 유입량과 유출량으로 삼아 나타낸 것이고, 원 표시는 운동파 모형에 의한 결과를 나타내며, 사각형은 Muskingum 모형에 의한 유출 수문곡선을 나타낸다.



(a) Event 3 : 금남~공주 구간



(b) Event 4 : 규암~강경 구간

그림 1. 모형별 하도추적 결과

3.3 상관계수 방법에 의한 홍수도달시간

상관분석을 실시하여 각 홍수사상별 구간별 홍수도달시간을 산정하면 다음 표 2와 같고 관측소간 거리와 첨두홍수량 값을 고려해 보았을 때 대체로 합당한 결과를 나타냄을 알 수 있다.

표 2. 관측소간 도달시간 추정 결과

수위관측소구간	매포-금남	금남-공주	공주-규암
관측소간 거리(km)	19.10	17.29	32.84
Event	도달시간(hr)		
1	1	1	4
2	4	1	6
3	1	1	3
4	4	2	5
5	3	1	6

3.4 FLDWAV 모형에 의한 홍수도달시간

본 연구에서는 상류 경계조건으로 대청댐의 시간단위 방류량을 사용하였고 하류단 경계조건으로 각 수위 표 지점의 수위자료를 이용하여 하도추적을 수행하였다. FLDWAV 모형을 이용한 하도추적의 결과로 산정된 홍수 사상별 주요 수위표 지점에서의 수문곡선은 다음 그림 2와 같고 여기서, y축은 유량(단위:1000cms), x축은 시간(hrs)을 나타낸다. 산정된 수문곡선들을 비교 검토하여 도달시간을 구하면 다음 표 3과 같다.

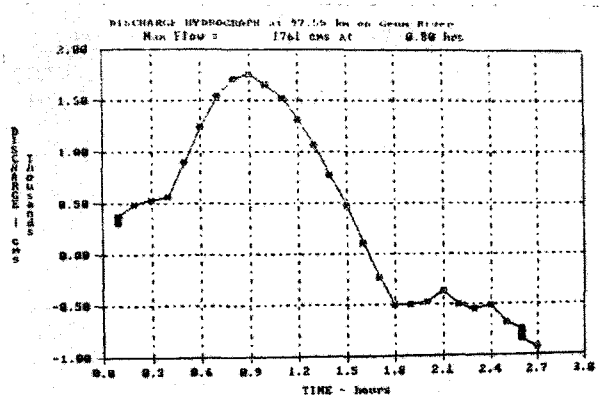


그림 2. 강경지점에서의 수문곡선 (Event 1)

표 3. 홍수사상별 구간별 도달시간

(단위:hr)

구간 \ Event	1	2	3	4	5
대청~매포	2.02	0	0.75	1.3	0.8
매포~금남	2.02	5	0.75	1.3	2.4
금남~공주	2.02	5	0.75	1.3	4.1
공주~규암	0	7	0	1.3	4.1
규암~강경	0.3	3	0	1.1	4.1

3.5 적용 기법별 도달시간 및 상대오차

적용 기법별로 수행한 하도추적의 결과로부터 산정된 도달시간과 관측된 수문곡선으로부터 구한 도달시간을 상대오차를 이용하여 비교하였고 각 모형별 도달시간과 관측값과의 오차를 평균상대오차와 평균절대오차를 이용하여 비교한 결과는 다음 표 4와 같다.

표 4. 적용기법별 평균상대오차 및 평균절대오차 (단위 : %)

	구 간	KINE		MUSK		CORR		FLDWAV	
		상대오차	절대오차	상대오차	절대오차	상대오차	절대오차	상대오차	절대오차
①	대청-매포	-19.0	99.0	16.9	67.1			-72.5	72.5
②	매포-금남	-24.5	24.5	-32.5	52.5	15.0	38.3	-4.4	74.4
③	금남-공주	-21.7	55.9	37.1	80.0	57.7	93.7	-73.8	73.8
④	공주-규암	-27.5	37.5	-8.9	48.1	37.3	46.7	-68.4	68.4
⑤	규암-강경	-79.2	19.2	-55.7	15.7	-58.6	8.6	88.7	132.1
	소계(①-④)	-42.9	42.9	-15.4	41.4	-18.9	18.9		
	대청-규암	-29.2	29.2	-52.4	52.4	-38.2	38.2		
	소계(①-⑤)	-35.5	50.0	-21.9	31.3	-12.3	32.3		
	대청-강경	-29.8	29.8	-70.6	70.6	-47.4	47.4		

4. 결론

본 연구에서는 금강유역의 홍수도달시간을 산정하기 위하여 하도추적 방법으로 Muskingum 모형, 운동파 모형 및 FLDWAV 모형을 이용하였으며, 추계학적인 방법인 상관계수 방법을 이용하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

적용한 하도추적모형에 의해 산정된 도달시간과 관측된 도달시간의 상대오차, 평균 상대오차 및 평균 절대오차를 산정한 결과 대체적으로 운동파 방법의 오차가 작은 것으로 나타났다. 이는 일반적으로 수문학적인 방법보다는 수리학적인 방법의 정확도가 더 높다는 것을 반영하는 것으로 타당한 결과를 나타내는 것으로 보이나, 입력 자료 및 매개변수의 수가 많은 FLDWAV 모형에서의 정확도가 상대적으로 낮게 나타난 것은 입력자료의 신뢰도에서 비롯된 결과로 판단된다.

금강유역에 하도추적 모형을 적용한 결과, 홍수도달시간에 대한 여러 가지 오차가 모형별로 큰 차이를 나타내지 않으므로 경제성 등을 고려할 때 수리학적 모형을 사용함에 따른 이점이 크지 않을 것으로 보이며 우리나라의 경우 입력에 필요한 자료의 신뢰성이 확보되어 있지 않으므로 Muskingum 모형 등 수문학적 모형을 사용하여도 무방할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원 (과제번호 : 1-6-1)에 의해 수행되었습니다. 이와 관련하여 관계자 분들에게 감사드립니다.

5. 참고문헌

- 건설교통부(1997~2000). 한국 수문조사연보
- 건설교통부, 금강홍수통제소(1997~2000). 금강 홍수예경보
- 건설부(1988). 금강수계종합정비계획(I)
- 건설부(1988). 금강수계종합정비계획(II)
- Chow, V. T. Maidment, D. R, and Mays, L. W.(1988). Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York.
- McCarthy, G. T.(1938). The unit hydrograph and flood routing. Unpublished manuscript presented at a conference of the North Atlantic Division, June 24, U.S. Army Corps of Engineers.