

낙동강 하류부의 감조구간에 대한 홍수해석

Flood Analysis in the Tidal Reaches of the Nakdong River

이 주 현* / 이 은 태** / 이 도 훈*** / 김 남 원****

Lee, Joo Heon / Lee, Eun Tae / Lee, Do Hun / Kim, Nam Won

Abstract

The objective of this study is to develop a predictive model for flood forecasting in the tidal reaches of the Nakdong river and to analyze the tidal effects of major flood forecasting station of the Nakdong river by using the hydraulic flood routing. In the calibration process the optimum roughness coefficients as functions of channel reach and discharge were determined and the calibration results suggest that the unsteady hydraulic flood routing model simulated with the optimum roughness coefficients showed close agreement between the calculated and observed stage.

keywords : hydraulic flood routing, 1-D unsteady flood model, roughness coefficients

요 지

본 연구의 목적은 낙동강 하류부의 감조구간에 대하여 실시간 홍수예보를 위한 수리학적 홍수추적 모형의 적용성을 검토하고 홍수시 감조구간내의 주요 홍수 예보지점에 대한 조위의 영향을 분석하는 것이다. 또한 모형의 검증을 위하여 부정류 해석법에 의하여 하도구간별, 유량구모별 최적 조도계수를 추정하였으며 추정된 최적 조도계수를 적용한 부정류 해석 결과가 관측 수위수문곡선의 전반적인 형태를 매우 잘 재현하는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 수리학적 홍수추적, 1차원 부정류 모형, 조도계수

-
- * 중부대학교 건설공학부 전임강사
 - ** 경희대학교 토목·건축공학부 교수
 - *** 경희대학교 토목·건축공학부 조교수
 - **** 한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원

1. 서 론

낙동강 유역의 홍수예경보 시스템은 지류합수 모형이 란 수문학적 홍수추적 방법에 의하여 구성되어 있다. 하지만 낙동강 하구에는 해수의 역류에 의한 경작지의 염해를 방지하고 유역에서 필요로 하는 담수를 확보하기 위하여 1988년부터 하구둑이 건설되어 운영되고 있기 때문에 하구둑의 수문 개폐에 따라서 하구둑 상류의 수위가 영향을 받게 된다. 특히, 홍수시에는 하구둑에 설치되어 있는 주수문 및 조절수문을 모두 개방하여 운영하므로 현재 낙동강 하류부의 감조구간에 대한 수문학적 홍수추적을 실시하여 홍수예경보를 하는 경우에는 하구둑 하류의 조위변화에 의하여 감조구간내에 존재하는 주요 홍수 예보지점인 구포 및 삼랑진 수위의 예측 결과에 큰 오차를 야기시키고 있다.

따라서 본 연구에서는 낙동강 하류부의 감조구간에 대하여 수리학적 홍수추적 모형을 적용하여 1차원 부정류 해석을 실시하고 감조구간내의 주요 홍수 예보지점에 대한 조위의 영향을 분석함으로써 낙동강 하류부에서의 홍수예경보를 위한 수리학적 홍수추적 모형의 적용성을 검증하며 동시에 하도추적 구간에 대한 하도구간별, 유량구별 최적의 조도계수를 추정하고자 한다.

2. 부정류 해석 모형

낙동강 하류부의 감조구간에 대한 홍수해석을 위하여 선정된 1차원 부정류 모형은 1970년대 미국의 국립기상청(NWS)에서 1차원 점변류의 흐름해석을 위하여 개발된 DWOPER 모형으로서 DWOPER 모형은 미국내의 주요 하천에 대한 홍수예경보 시스템에 적용된 사례가 있으며 국내에서도 이종태(1993) 등이 한강본류구간에 적용한 사례가 있고 지홍기와 박기호(1994)는 낙동강 유역의 위천에 대하여 적용하여 비교적 양호한 결과를 얻은 것으로 발표되었다.

2.1 지배방정식

DWOPER 모형에서 부정류 해석을 위하여 사용하는 지배방정식은 St. Venant 방정식으로서 식 (1) 및 식 (2)의 연속방정식과 운동방정식으로 구성되며 운동방정식에서 하천의 홍수와 해석에 필요한 측방유입량 및 바람에 의한 영향, 불규칙 단면에 따른 손실영향 등을 모두 고려한 full dynamic wave 모형을 기본으로 한다.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial (A + A_0)}{\partial t} - q = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (Q^2/A)}{\partial x} + gA \left[\frac{\partial h}{\partial x} + S_f + S_e \right] - qV_x + W_f B = 0 \quad (2)$$

여기서, Q 는 유량, x 는 흐름방향의 거리, A 는 횡단면적, A_0 는 제내지 지류단면적, t 는 시간, q 는 측방유입량, g 는 중력가속도, h 는 하천수위, V_x 는 횡유입의 x 방향유속, W_f 는 바람마찰항, B 는 횡단면의 수면폭이며 S_f 와 S_e 는 각각 마찰경사 및 단면변화로 인한 에너지 손실경사로서 다음과 같이 정의된다.

$$S_f = \frac{n^2 |Q| Q}{A^2 R^{4/3}} \quad (3)$$

$$S_e = \frac{K_e}{2g} \frac{\partial (Q/A)^2}{\partial x} \quad (4)$$

여기서, n 은 Manning의 조도계수, R 은 동수반경, K_e 는 단면확대·축소계수이다.

2.2 수치해석

DWOPER 모형의 지배방정식인 식 (1)과 식 (2)의 편미분 방정식에 대한 해를 구하기 위하여 4점기중 차분법이란 수치해석법을 사용하게 되며 각 계산 격자별 수위(h)의 시간(t)과 거리(x)에 대한 미분항은 다음과 같은 차분 형태로 표시된다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} \approx \frac{h_{j+1}^{n+1} - h_{j+1}^n}{2\Delta t} + \frac{h_j^{n+1} - h_j^n}{2\Delta t} \quad (5)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} \approx \theta \frac{h_{j+1}^{n+1} - h_j^{n+1}}{\Delta x} + (1 - \theta) \frac{h_{j+1}^n - h_j^n}{\Delta x} \quad (6)$$

따라서 특정 시간과 거리에 있어서의 수위, 유량 및 유속과 같은 임의의 정보는 그 주위를 둘러싼 4개의 정보로부터 산정된다. 한편 Fread(1973)는 θ 값이 0.5보다 크며 1.0에 근접할수록 정확도가 감소한다고 발표하였으며 Baltzer와 Lai(1968)는 해의 정확도가 감소하

는 것을 최소화하기 위하여 θ 값으로서 0.55의 값을 이용한 결과를 발표하였고 본 연구에서는 Baltzer와 Lai(1968)의 연구결과를 이용하여 θ 값으로서 0.55의 값을 적용하였다.

3. 모형의 적용 및 해석

부정류 모형을 적용한 유출모의를 위해서 낙동강 홍수예경보(건설교통부 낙동강홍수통제소, 1989~1995)로부터 낙동강 유역에서 발생했던 과거의 홍수사상을 조사하였으며 모의결과의 검증을 위하여 진동수위, 삼랑진 수위, 구포수위와 강우자료의 보관상태를 종합적으로 검토하였으며 또한 측방유입량 자료 및 하류단 경계조건으로 사용되는 하구둑 지점에서의 관측수위와 전체적인 홍수 규모를 고려하여 표 1과 같이 낙동강 유역에서 발생한 4개의 주요 홍수사상을 선정하였다.

3.1 하도망의 구성

낙동강 하구둑 운영관리 보고서(한국수자원공사, 1987)에 의하면 하구둑 및 낙동강 하구의 조위에 의한 영향으로 인하여 평시에는 삼랑진 수위표 지점까지 수위상승 영향이 있으며 홍수시에는 배수위 영향으로 인하여 수위상승은 진동수위표 지점까지 그 영향을 미치는 것으로 나타나 있다. 특히 하구둑에는 9.2 m×47.5 m 크기의 주수문 6련과 8.3 m×47.5 m 크기의 조 절수문 4련이 홍수기 및 평,갈수기의 수위조절을 위하여 운영되고 있으며 홍수기에는 구포수위가 지정 홍수위인 3.0 m(2.041 EL. m) 이상이 되면 모든 수문이 완전히 개방되어 하구둑 건설전의 자연상태와 같은 조건이 되며 이때의 하구둑에서의 수문을 통한 방류량은 하구둑 하류의 조위변화에 따라 결정된다. 따라서 본 연구에서는 그림 1과 같이 낙동강 하류부의 감조구간으로서 하류단을 낙동강 하구둑지점으로 하고 상류단을 진동수위표 지점으로 하는 총 82.3 km의 하도구간을 대상으로 하여 부정류 해석을 위한 하도망을 구성하였다.

표 1. 대상 홍수사상

홍수사상	홍수기간	유역평균 강우량(mm)
1	1990. 7. 14 - 1990. 7. 20	171.9
2	1991. 7. 8 - 1991. 7. 11	150.4
3	1993. 8. 1 - 1993. 8. 6	72.0
4	1993. 8. 7 - 1993. 8. 14	152.0

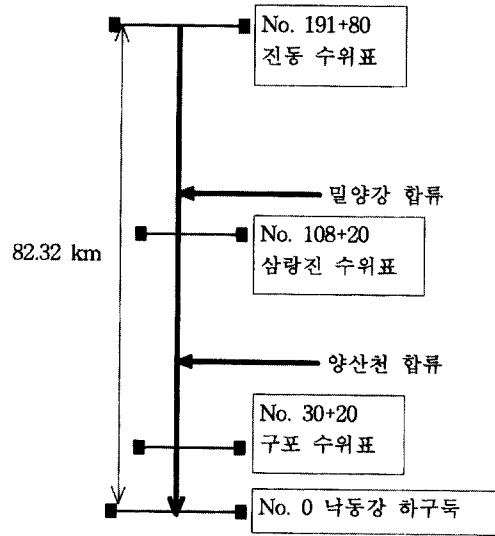


그림 1. 낙동강 하류부의 부정류 해석을 위한 하도망

그림 1에서 알 수 있듯이 낙동강 하류부의 감조구간 내에는 삼랑진 및 구포 등 2개의 수위관측소가 존재하며 부정류 모형의 적용시 홍수류에 큰 영향을 줄 것으로 판단되는 측방유입량으로는 밀양강과 양산천에서 본류구간으로 유입되는 측방유입량이 있으며 이밖에 덕천천, 대천천, 청도천 등의 군소 지류가 본류구간으로 합류되지만 이와같은 군소 지류는 하천의 규모로 볼 때 홍수시 본류구간의 홍수류에 미치는 영향이 작다고 판단되어 측방유입량 고려시 제외되었다.

특히, 본 연구에서 고려된 측방유입량중에서 밀양강으로부터의 측방유입량은 밀양2 T/M 수위표의 수위자료와 수위-유량 관계곡선으로부터 추정하였으나 양산천의 경우에는 수위-유량 관계곡선이 없는 관계로 인하여 양산천 유역의 수문, 지형학적 특성인자를 이용하여 SCS 무차원 단위도에 의해 추정된 유출량을 양산천에서의 측방유입량으로 결정하였다.

한편 상류단 경계조건은 진동수위표 지점에서의 시간별 수위수문곡선을 이용하였고 하류단 경계조건으로는 하구가 위치하고 있는 다대포의 조위자료를 이용하려 했으나 하구둑에서부터 다대포까지의 하도단면자료의 부재로 인하여 수자원공사에서 관측하는 하구둑 지점의 관측수위를 이용하였으며 하구둑의 관측수위는 부산항의 조위와 약 1시간 정도의 조시차를 나타내며 조위운동을 하는 것으로 분석되었다. 또한 하도추적 대상구간의 하도단면은 낙동강 하천정비 기본계획(보완)(건설부,

1991)의 하천측량 성과를 이용하였고 하구둑으로부터 진동수위표 지점까지 총 199개의 하도단면 자료중에서 단면간의 하폭 및 하상의 변화를 고려하여 최종적으로 총 110개의 하도단면 측량자료를 선정하였다.

3.2 조도계수의 추정

1차원 부정류 모형을 적용하여 하도추적을 하는 경우에 계산 결과에 영향을 미치는 중요한 변수중의 하나는 식 (2)의 운동방정식에 있는 마찰경사(friction slope)항에서의 조도계수이다. 특히 본 연구의 대상구간인 하구둑에서부터 진동수위표까지의 하도구간에 대한 조도계수는 1991년 낙동강 하천정비기본계획시 결정된 조도계수가 있으나 82.3 km의 전구간에 대하여 0.023이란 고정된 값을 사용하고 있다. 그러나 이 값은 하도내의 식생, 하상재료 및 하도 단면의 형태 등이 경험적으로 고려되어 결정된 값이고 하구둑으로부터 진동수위표 지점까지의 하도구간에 대하여 1개의 값만을 제시하고 있기 때문에 객관성이 결여되어 있음을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 Fread와 Smith(1978)가 제시한 부정류 해석에 의한 방법을 이용하여 하도구간별, 유량규모별 최적 조도계수를 추정하고자 한다. 한편 국내에서의 하천을 대상으로 부정류 해석에 의해 조도계수를 추정한 연구로는 김현영과 박승우(1989)가 금강 하류부를 대상으로 연구한 바 있으며 최근에는 김원 등(1995)이 한강 하류부를 대상으로 Fread와 Smith(1978)가 제시한 방법에 의하여 하도구간별, 유량규모별 조도계수를 추정하였고 황의준과 진경수(1997)도 한강을 대상으로 조도계수를 추정한 연구사례가 있으나 낙동강에 대하여 부정류 모형을 이용한 조도계수 추정사례는 없는 실정이다.

이와 같은 부정류 해석에 의한 조도계수 산정은 전체 하도구간을 관측 수문자료가 있는 구간을 중심으로 몇 개의 하도로 구분하고 상류단 경계조건으로는 관측유량

수문곡선, 하류단 경계조건으로는 관측수위수문곡선을 이용하여 각 하도구간에 대한 부정류 해석을 실시하며 대상 하도구간의 상류단에서의 계산수위와 관측수위간의 오차를 최소화하는 반복계산에 의해 다음과 같은 과정을 거쳐서 최적의 조도계수를 추정하게 된다.

$$\min \Phi_j = \left| \sum_{i=1}^M \Phi_j \right| \quad (7)$$

$$\Phi_j = \frac{1}{M_j} \sum_{i=1}^{M_j} (h_A^i - h^j_A) \quad (8)$$

여기서 J 는 유량구간의 개수이고 h_A 는 계산수위, h^j_A 는 관측수위, M_j 는 j 번째 유량구간내에 포함되는 수위의 총 개수이다. 한편 최종적으로 최소화 하려는 전체적인 목적함수 Φ_j 는 각각의 유량구간에서의 목적함수인 Φ_j 를 최소화함으로써 얻어지게 되며 j 번째 유량구간에서의 목적함수 Φ_j 는 다음과 같은 함수형태로 된다.

$$\min \Phi_j \{ h_A [n_j (\bar{Q}_j)] \}; j = 1, 2, \dots, J \quad (9)$$

이상에서의 과정을 걸쳐서 낙동강 하류부의 하도구간별, 유량규모별 조도계수를 추정하기 위하여 전체 하도구간을 진동~삼랑진, 삼랑진~구포, 구포~하구둑 등 관측수위가 존재하는 구간을 중심으로 총 3개의 하도구간으로 분할하였고 유량규모는 7개의 구간으로 나누어 선정된 4개의 홍수사상을 적용하여 각각의 홍수사상별로 조도계수를 추정하였으며 그 결과는 그림 2~4와 같다.

또한 표 2에는 홍수사상별로 산정된 조도계수로부터 유량규모별, 하도구간별 최적의 조도계수를 결정하여 나타내었다.

표 2. 하도구간별, 유량규모별 최적 조도계수

유량 규모 (m ³ /sec)	진동~삼랑진구간 조도계수	삼랑진~구포구간 조도계수	구포~하구둑구간 조도계수
1,000	0.0311	0.0357	0.0573
2,000	0.0271	0.0310	0.0365
3,000	0.0250	0.0279	0.0276
4,000	0.0236	0.0231	0.0255
5,000	0.0226	0.0216	0.0194
7,000	0.0211	0.0196	0.0164
10,000	0.0197	0.0177	0.0108

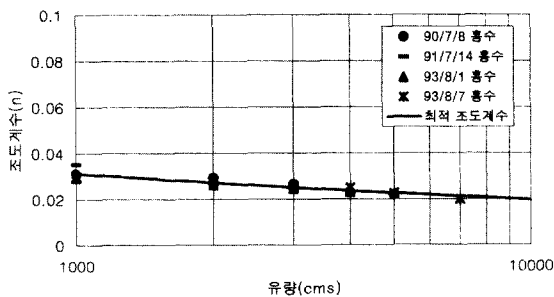


그림 2. 진동~삼랑진 구간의 조도계수

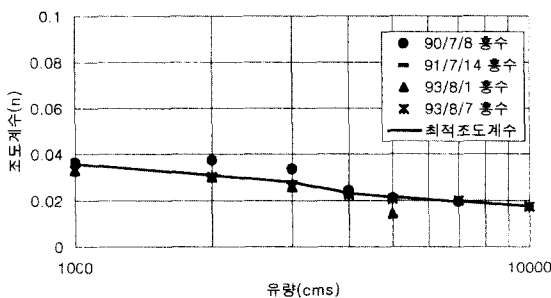


그림 3. 삼랑진~구포 구간의 조도계수

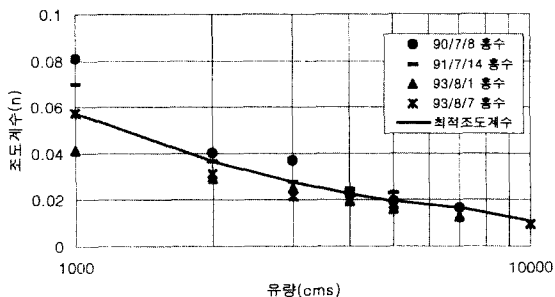


그림 4. 구포~하구둑 구간의 조도계수

그림 2~4에서 알 수 있듯이 본 연구에서 산정된 조도계수는 홍수사상별로 변화의 폭이 매우 작은 일관성 있는 경향을 나타내고 있으며 단지 구포~하구둑 구간

의 조도계수는 유량규모가 작을 경우에 홍수사상별로 다소의 차이를 나타내고 있다. 특히 표 2에서 보는 바와 같이 각 하도구간별 최적 조도계수는 유량이 커짐에 따라 감소하는 일반적인 경향을 나타내고 있으며 하도구간별로는 진동~삼랑진 구간과 삼랑진~구포 구간의 조도계수는 유량규모별로 비슷한 조도계수 값을 나타내고 있으나 구포~하구둑 구간의 경우는 유량규모별로 상류 구간의 조도계수와 차이를 나타내고 있다. 이것은 진동에서 구포까지의 하도구간은 하상의 구성 석요나 하도단면의 형태가 비교적 비슷한 상태를 유지하고 있지만 하구둑에 인접한 구포~하구둑 구간은 하폭 및 하상의 구성재료가 하구둑 상류의 하도구간과는 다른 형태를 유지하고 있는 관계로 인하여 상류구간의 조도계수와는 차이를 나타내고 있는 것으로 판단된다.

3.3 적용결과와 분석

본 연구에서 결정된 낙동강 하류부의 감조구간에 대한 최적 조도계수를 적용하여 과거에 발생한 4개의 홍수사상에 대하여 부정류 해석을 실시하였으며 그 결과를 낙동강 하류의 주요 홍수 예보지점인 삼랑진 및 구포지점의 관측수위와 비교하여 그림 5~8에 나타내었고 관측수위와 계산수위간의 RMS 오차를 표 3에 나타내었다.

그림 5~8에서 알 수 있듯이 낙동강 하류부의 감조구간에 대한 부정류 모형의 적용결과가 홍수 전반에 걸쳐서 매우 양호하게 나타났으며 표 3에서 알 수 있듯이 홍수기간 전체에 대한 관측수위와 계산수위간의 RMS 오차는 대부분 0.2 m 이하의 오차를 나타내고 있으므로 본 연구에서 추정된 하도구간별, 유량규모별 최적 조도계수의 적용성이 우수한 것으로 나타났다. 특히 표 3의 침투홍수시의 오차를 보게 되면 삼랑진 및 구포수위가 4개의 홍수사상 모두에 대하여 0.1 m 이하의 오차를 나타내기 때문에 실제 침투 홍수시의 모의 결과는 매우 정확한 것을 알 수 있다.

표 3. 홍수사상별 RMS 오차 및 침투홍수시의 오차

홍수사상	RMS 오차(m)		침투홍수시의 오차(m)	
	삼랑진	구포	삼랑진	구포
1990. 7.14~7.20	0.339	0.181	+0.05	+0.06
1991. 7. 8~7.11	0.207	0.166	+0.03	-0.05
1993. 8. 1~8. 6	0.173	0.158	-0.08	+0.06
1993. 8. 7~8.11	0.199	0.199	+0.09	0.03

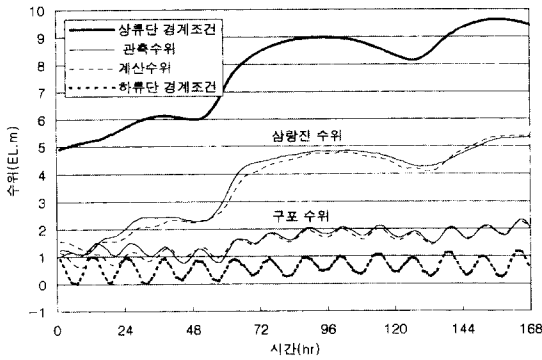


그림 5. 하도추적 결과(1990.7.14~7.20)

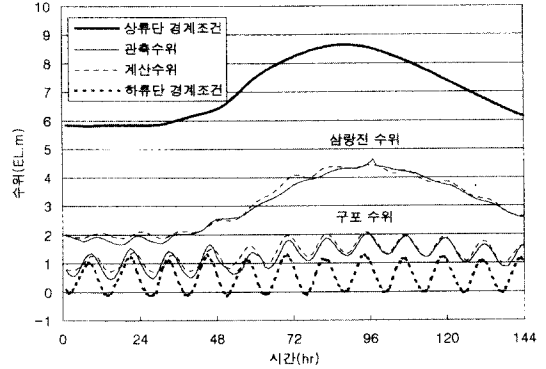


그림 7. 하도추적 결과(1993.8.1~8.6)

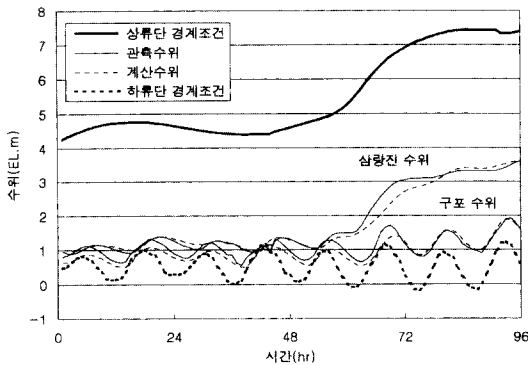


그림 6. 하도추적 결과(1991.7.8~7.11)

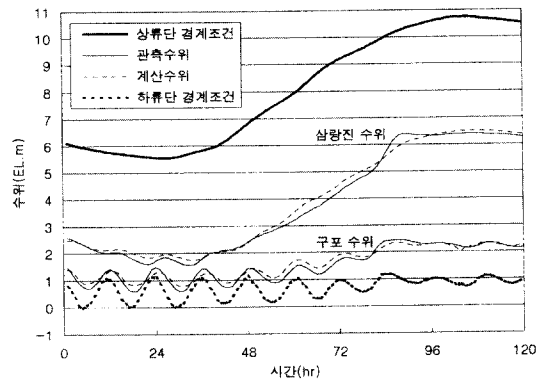


그림 8. 하도추적 결과(1993.8.7~8.11)

4. 조위의 변화에 따른 홍수파의 영향 분석

낙동강 하류부의 감조구간은 하구둑 하류의 조위에 의해 배수영향을 받게 된다. 특히 홍수시에는 하구둑에 설치되어 있는 10개의 수문을 완전히 개방하게 되므로 하구둑 하류의 조위의 변화가 하구둑 상류의 수위에 미치는 영향은 상당할 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 하류단 경계조건으로 사용된 하구둑의 수위를 실제의 관측치로부터 1시간씩 지체시킴으로써 상류구간의 계산수위에 미치는 영향을 수치실험을 통하여 분석하고자 하며 분석 대상 수위로는 감조 구간내의 주요 홍수예보 지점인 삼랑진 및 구포지점의 수위를 이용하였고 그림 9~12에는 하류단 경계조건을 관측치로부터 6시간 지체시킨 상태에서 4개의 홍수사상에 대하여 부정류 모형을 적용한 수치실험 결과를 나타내었다. 한편 그림 10에 나타나 있는 삼랑진 수위는 구포수위와 중복되는 부분을 피하기 위하여 관측치 및 계

산치에 1 m를 더한 값으로 나타내었다.

그림 9~12에서 알 수 있듯이 구포수위의 경우에는 4개의 홍수사상 모두 하류단 경계조건을 관측치로부터 6시간씩 지체시켜서 사용한 계산 결과가 관측치를 하류단 경계조건으로 사용한 계산결과와 정확히 6시간의 주기를 유지하며 조위운동을 하고 있음을 알 수 있다. 특히 그림 9의 경우에는 구포지점의 수위가 지정홍수위인 3.0 m(2.041 EL. m) 부근의 수위 규모에서도 조위에 의한 영향을 받는 것으로 나타났다. 하지만 그림 12의 경우에는 홍수규모가 큰 경우로서 상류로부터의 유입량이 증가함에 따라서 구포수위가 지정홍수위를 초과하고 있으며 이에 따라서 조위에 의한 영향이 상당히 약해지고 있는 것을 알 수 있다.

한편 삼랑진 수위표 지점은 하구둑으로부터 45.3 km 상류에 위치하고 있으며 본 연구의 대상 홍수사상은 모두 삼랑진 수위의 경우에 지정홍수위인 4.0 m(3.443 EL. m)를 초과하고 있고 이 중에서 1993

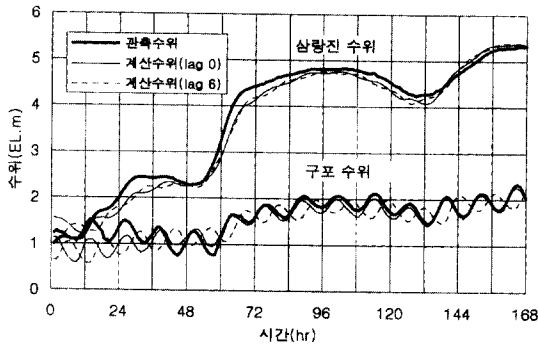


그림 9. 조위에 의한 영향분석(1990.7.14~7.20)

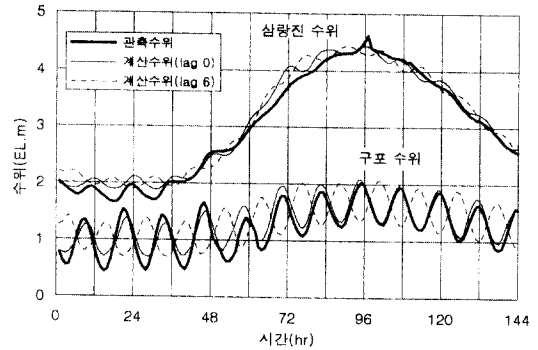


그림 11. 조위에 의한 영향분석(1993.8.1~8.6)

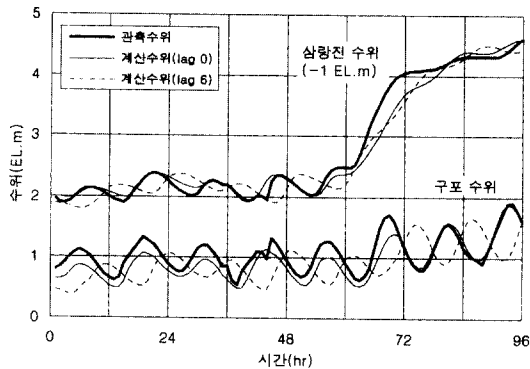


그림 10. 조위에 의한 영향분석(1991.7.8~7.11)

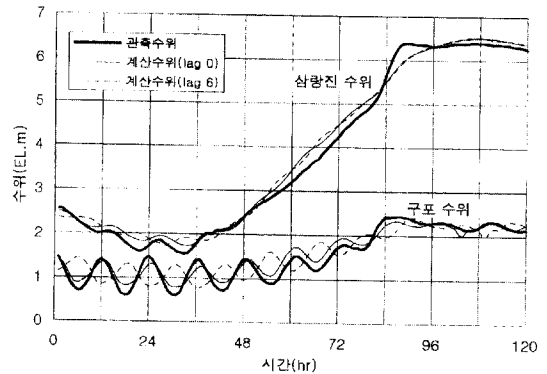


그림 12. 조위에 의한 영향분석(1993.8.7~8.11)

년 8월 7일 발생한 홍수사상은 경계수위인 7.0 m(6.443 EL. m)를 초과하고 있음을 알 수 있다.

이와 같은 4개의 홍수사상을 대상으로 분석한 삼랑진 수위의 조위에 의한 배수영향은 관측수위만으로 비교하여 보면 삼랑진 수위가 3.0 EL. m 이하에서만 조위운동을 나타내고 있으며 3.0 EL. m를 초과하게 되면 조위운동이 사라지고 있음을 알 수 있다. 하지만 그림 10의 경우에는 삼랑진 수위가 4.0 EL. m를 초과하는 침두수위 부근에서도 약간의 조위운동을 나타내고 있다. 즉, 동일한 규모의 삼랑진 수위에서도 조위가 대조 또는 소조인 때에 따라서 조위에 의한 영향이 다르게 나타나는 것으로 분석된다.

한편 DWOPER 모형을 이용한 수치실험의 결과를 토대로 분석하여 보면 그림 9~12에서 알 수 있듯이 삼랑진 수위가 지정홍수위인 3.443 EL. m(4.0 m) 이하에서는 하류단 경계조건을 관측치로부터 6시간 지체 시점에 따라서 수치실험에 의한 계산결과도 6시간씩 지체되어 조위운동을 하고 있지만 홍수의 규모 및 사

상별로 다소의 차이를 나타내고 있다. 이와 같은 배수 영향은 전반적으로 삼랑진 수위가 3.0 EL. m를 초과 하면서 조위에 의한 영향이 점차로 약해지는 것을 알 수 있으며 특히 그림 9 및 그림 12를 보게 되면 삼랑진 수위가 3.0 EL. m를 초과하게 되면 수치실험에 의한 계산결과에서만 약간의 차이를 나타낼 뿐 조위의 변화에 따른 영향이 거의 나타나지 않음을 알 수 있다.

특히, 그림 10과 그림 11의 경우에는 삼랑진 수위가 침두수위를 나타내는 4.0 EL. m이상의 규모에서도 수치실험에 의한 계산결과에서는 조위에 의한 영향이 나타나고 있으며 홍수의 규모가 가장 큰 그림 12의 경우에는 삼랑진 수위가 5.0 EL. m 이상이 되면 조위에 의한 영향이 거의 나타나지 않음을 알 수 있다.

이상의 4개의 홍수사상을 대상으로 분석된 결과를 보면 구포지점의 수위는 삼랑진 지점의 수위에 비하여 조위에 의한 배수영향을 크게 받는 것으로 나타났으며 구포 및 삼랑진 수위 모두 홍수량이 증가함에 따라서 조위에 의한 배수영향이 감소하는 것으로 나타났다.

결국은 동일한 홍수사상에 대하여도 조위가 어떠한 상태에서 발생하는가에 따라서 구포수위 및 삼랑진 수위는 조위에 의해서 영향을 받게되며 또한 동일한 조위의 조건에 대해서도 상류측의 홍수 유입량의 규모에 따라서도 조위에 의한 배수위 영향이 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 지류합수 모형에 의한 홍수예경보 운영시 구포 및 삼랑진 지점의 수위 예측에는 문제가 있을 것으로 판단되며 이에 대한 대안으로서 감조부 하도에서는 수리학적 홍수추적 모형의 적용이 타당할 것으로 사료된다.

5. 결 론

낙동강 하류부의 감조구간에 대한 홍수해석을 1차원 부정류 모형을 이용하여 분석하였으며 분석된 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 낙동강 하구둑으로부터 진동수위표 지점에 이르는 하도구간에 대하여 수리학적 홍수추적 모형인 DWOPER 모형을 적용하였으며 주요 홍수 예보지점인 삼랑진 및 구포 지점에 대한 하도추적에 모의결과와 관측수위는 잘 일치됨을 알 수 있었다.

(2) 진동지점으로부터 하구둑까지의 낙동강 분류를 3개의 하도구간으로 구분하여 하도구간별, 유량규모별 최적의 조도계수를 부정류 해석에 의하여 산정하였으며 산정된 최적 조도계수의 범위는 진동~삼랑진 구간의 경우는 유량규모별로 0.0181~0.0311, 삼랑진~구포 구간은 0.0157~0.0357, 구포~하구둑 구간은 0.0095~0.0573의 범위를 나타내었고 3개의 하도구간 모두 유량이 커짐에 따라서 조도계수가 감소하는 경향을 나타냈다.

(3) 본 연구에서 추정된 최적 조도계수를 적용하여 DWOPER 모형에 의한 하도추적 결과는 그 적용성이 매우 우수한 것으로 나타났으며 특히 4개의 홍수사상에 대한 하도추적 결과가 RMS 오차는 20 cm 이하, 첨두 홍수시의 오차는 10 cm 이하로 나타났다.

(4) 4개의 홍수사상에 대한 삼랑진 및 구포지점의 조위에 의한 배수영향을 수치실험을 통하여 분석하였으며 구포지점 및 삼랑진 지점의 수위는 조위에 의해서 상당한 영향을 받고 있음을 알 수 있었고 두 지점 모두 홍수량이 증가함에 따라서 조위에 의한 배수영향이 감소되는 경향을 나타냈다. 특히 수치실험에 의한 결과에서는 조위의 조건에 따라서 삼랑진 수위가 4.0 EL. m 이상에서도 조위에 의해서 영향을 받는 것으로 나타났으며 삼랑진 수위가 5.0 EL. m를 초과함에 따라서 조위

에 의한 영향이 사라지는 것으로 나타났다. 하지만 대상 홍수사상이 적은 관계로 인하여 일관성있는 결론을 유도할 수 없었으며 추후 더욱 많은 홍수사상을 대상으로 하여 홍수 및 조위의 규모별 세부연구가 더욱 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

- 건설부 (1991). 낙동강 하천정비기본계획(보완).
- 건설교통부 낙동강홍수통제소 (1989-1995). 낙동강 홍수예경보.
- 김원, 김양수, 우효섭 (1995). "부정류 모형을 이용한 한강 하류부 하도의 조도계수 산정." 한국수자원학회지, 한국수자원학회, 제28권, 제6호, pp. 133-146.
- 김현영, 박승우 (1989). "금강 하류 홍수의 부정류 해석." 한국수문학회지, 한국수문학회, 제22권, 제1호, pp. 99-106.
- 이종태, 한진연, 서병하 (1993). "한강의 홍수규모에 따른 인도교수위의 조석영향분석." 한국수문학회지, 한국수문학회, 제26권, 제2호, pp. 67-77.
- 지흥기, 박기호 (1994). "유출예측을 위한 하도추적 모형." 한국수문학회지, 한국수문학회, 제27권, 제1호, pp. 141-149.
- 한국수자원공사 (1987). 낙동강 하구둑 운영관리 보고서.
- 황의준, 진경수 (1997). "한강 분류에 대한 부정류 계산모형: 모형의 보정." 한국수자원학회지, 한국수자원학회, 제30권, 제5호, pp. 549-559.
- Baltzer, R.A., and Lai, C. (1968). "Computer simulation of unsteady flow in waterways." *J. of the Hydraulics Division*, ASCE, Vol. 94, No. HY4, pp. 1083-1117.
- Fread, D.L. (1973). "Technique for implicit dynamic routing in rivers with major tributaries." *Water Resources Research*, Vol. 9, No. 4, pp. 918-926.
- Fread, D.L., and Smith, G.F. (1978). "Calibration technique for 1-D unsteady flow models." *J. of the Hydraulics Division*, ASCE, Vol. 104, No. HY7, pp. 1027-1044.
- <최종본 접수일 : 1998년 3월 26일>