

Figure 2. Locations of river cross sections

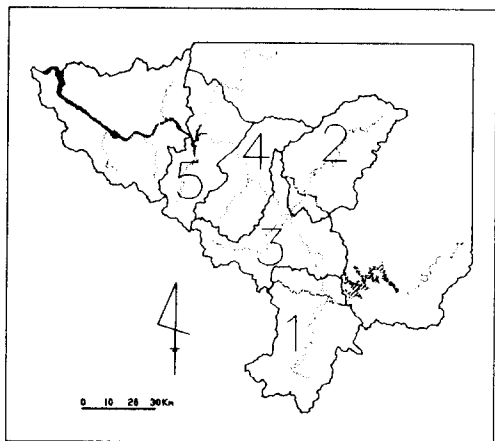


Figure 3. The configuration of subbasins for lateral inflows

의하지 않고 단순히 지류 유입량으로 처리하였다 (이상호, 1993).

경계조건은 上流端인 충주댐 방수로에서 충주댐의 방류량을 사용하고 下流端인 팔당댐 堤體 直上流에서는 팔당댐의 貯水位를 사용하였다. 이러한 하도추적 체계에서 '90년 9월의 홍수를 모의한 수위 수문곡선을 Figure 5,6에 도시하였다. 여주지점의 경우(Figure 5) 실측 수위와의 RMS오차가 약 0.5 m, 양평(Figure 6)은 약 0.8 m이고 수문곡선의 上昇, 下降 경향을 매우 잘 나타내고 있다. 양평의 오차가 여주보다 훨씬 큰 이유는 넓은 팔당

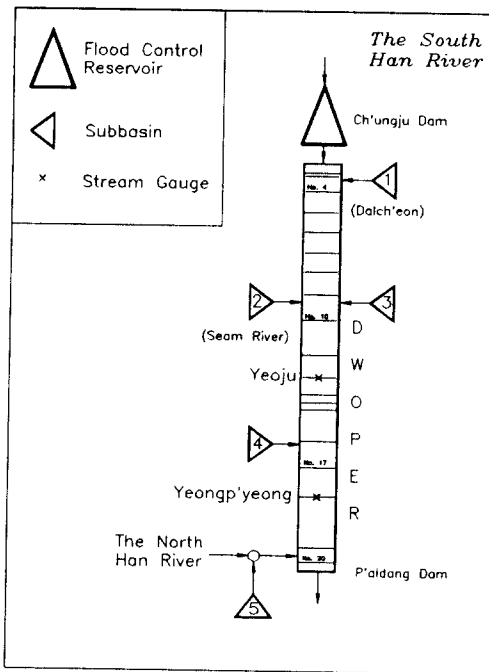


Figure 4. A schematic diagram of the DWOPER simulation

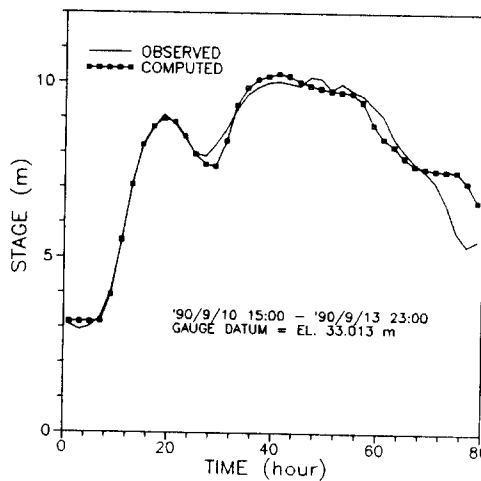


Figure 5. Stage hydrographs at Yeosu station from DWOPER results

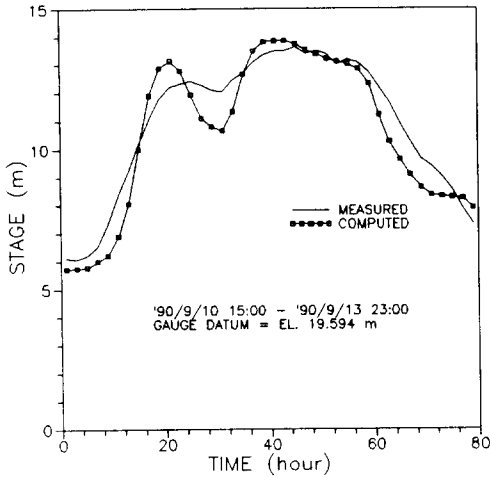


Figure 6. Stage hydrographs at Yangp'yeong station from DWOPER results

저수지에 비하여 단면자료를 너무 적게 사용한 점과 강우-유출 모형의 오차, 북한강 합류점의 계산을 수지형 하천으로 처리하지 못한 점 등으로 추측된다. 위의 모의 과정에서 조도계수를 수동으로 추정하였다. 규모가 큰 홍수는 '84년 9월과 '90년 9월인데 충주댐의 방류량 자료는 이중 '90년도 밖에 없으므로 조도계수를 추정하기에 가장 좋은 자료라고 생각된다. 추정된 값은 충주댐에서 여주까지 0.0255, 여주에서 양평까지 0.0253, 양평에서 팔당댐까지는 0.0250이었다.

5.3 Muskingum-Cunge 방법 적용

홍수시貯水池群의 連繫 운영모형이 필요로 하는 효율성을 충족시키기 위하여, Muskingum-Cunge 방법에서는 DWOPER에서 20개 부분하도로 추적하였던 남한강 하도를 13개의 하도구간으로 調整하여 추적하였다(Figure 7). 우선 21번 斷面을 제외한 20개의 斷面에서 9개 定常 基準流量(90, 1000, 3000, 5000, 7000, 9000, 11000, 14000, 18,000 m³/s)에 대한 y , A_0 , B_0 , S_0 를 DWOPER로 계산하여 구하고, 調整된 13개의 하도구간에 속한 斷面들의 A_0 , B_0 , dB_0/dy 값을 평균하여 그 하도에 대한 A_0 , B_0 , dB_0/dy 를 정하였다. dB_0/dy

는 DWOPER에 입력하였던 8개의 수위에 대한 수면폭 값에서 $\Delta B_0/\Delta y$ 를 구하여 사용하였다. S_0 값은 기준유량에 대한 부분하도 양단의 수위를 거리로 나누어 구하였는데, 배수영향을 받는 양평하류 부분의 2개 하도구간에 대해서는 양평지점부터 팔당댐지점까지의 DWOPER에 사용된 斷面의 최심상고를 최소자승 평균한 값 0.001403을 사용하였다.

실제 계산은 이들을 입력자료로 받아들인 뒤 유량 Q 가 주어질 때 波速을 각 자료의 선형보간으로부터 계산한 뒤 추적식 계수를 결정하였다. 그리고 추적과정에서는 유량만 계산하지만 입력된 정상류에 대한 DWOPER의 수위계산 결과로부터 선형보간된 수위를 얻는다. 여기서 해결할 수 없었던 점은 DWOPER 사용시의 하류 경계조건으로 실제로는 팔당댐의貯水位가 시간에 따라 변하고 하나의 유량이라 하더라도貯水位는 여러 값을 가질 수 있으므로 위의 기준유량 각각에 대한 고유 수위를 선정할 수 없었다. 그래서 背水 영향을 받는 양평부근까지는 어느 정도의 오차를 감수하더라도, '90년 9월 홍수의 계산 시작시점貯水位인 25.29m를 모든 시간과 유량에 대해 고정시켜 기준자료를 마련하였다.

양평과 여주의 수위계산 결과는 Figure 8,9에 제시하였다. 여주의 경우는 그리 큰 변화를 보이지 않으나 양평은 첨두유량이 도달하기 이전에 오차가

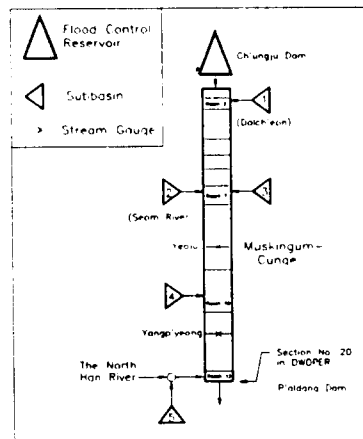


Figure 7. A schematic diagram of the Muskingum-Cunge simulation

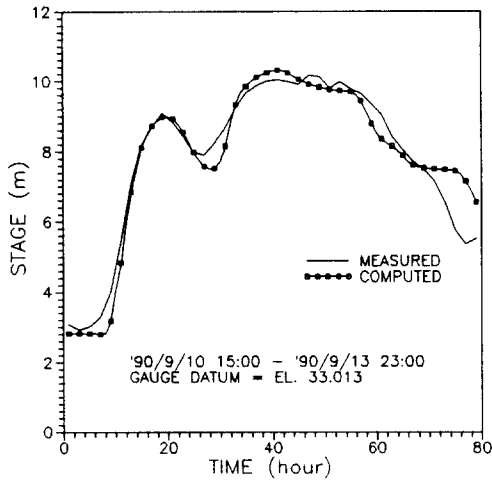


Figure 8. Stage hydrographs at Yeosu station from Muskingum-Cunge simulation

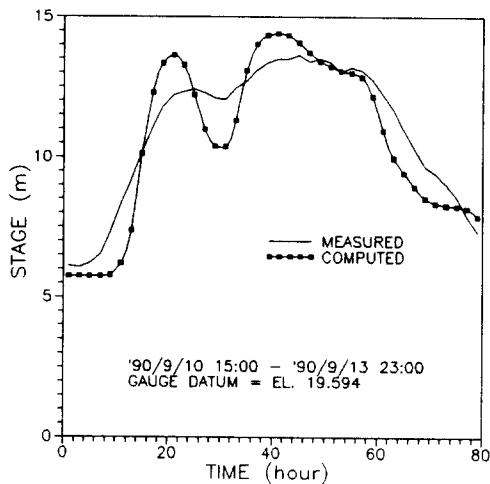


Figure 9. Stage hydrographs at Yangp'yeong station from Muskingum-Cunge simulation

커졌다. 이러한 이유는 다섯 가지 측면으로 생각되는데, 무엇보다도 큰 문제점은 양평 하류부터 팔당까지의 河川斷面을 여러 개 사용하지 않아 하도 특성이 부정확하게 입력된 점이다. 그리고 波速을 표현하기 위하여 사용된 Manning식이 구조물의 흐름방해가 없는 일반하도에 대하여 성립하는 식이라는 점이다. 또한, 기준유량에 대한 각종 자료의 계산시 하류 경계조건을 고정한 점과, 본래 홍수파는 loop-rating curve를 가지는 반면 유량을 고정하

여 수위를 계산했으므로 Muskingum-Cunge 방법에서는 이를 고려할 수 없는 점이다. 지천 유출량 계산의 오차도 클 것이다. 여주의 경우가 DWOPER의 결과와 크게 다르지 않은 것을 본다면 첫번 째에서 세번 째의 오차가 클 것으로 생각된다.

6. 결론 및 향후과제

Muskingum-Cunge 방법은 하도추적에 대하여 기술한 교과서에서 주요 방법중의 하나로 설명된다. 그러나 NERC(1975)에서 상세하게 제시된 것을 제외하면 실무에 사용된 예를 찾기 어렵다. 아마도 Muskingum-Cunge 방법의 매개변수인 波速을 추정하기 어려운 것이 한 제약 요인인 듯하다. 본 연구에서는 動力學波 수치모의에 의하여 波速推定에 필요한 자료들을 획득하였으며 그로부터 모의된 Muskingum-Cunge 방법의 결과를 動力學波의 模擬결과 및 관측값과 비교하여 波速推定 방법의 타당성을 입증하였다. 動力學波의 모의는 DWOPER를 사용하였고 이용한 홍수자료는 '90년 9월 홍수이다. 적용된 하천구간은 충주댐 직하류부터 팔당댐 직상류까지의 남한강 본류이며, 지류의 유량은 강우-유출 모형의 결과를 이용하였다.

Muskingum-Cunge 방법의 적용결과 여주시점의 수위 수문곡선은 관측값 및 DWOPER의 모의결과와 잘 일치하였으며, 이는 정확성의 분석에서 예상된 바이다. 그러나 양평 관측소의 수위 수문곡선은 여주보다 큰 오차를 보이는데 이는 구조물의 영향을 받는 곳에서 Muskingum-Cunge 방법의 波速推定이 용이하지 않기 때문이다.

DWOPER에 의한 動力學波의 모의는 관측값에 잘 일치하고 있으나 횡유입량을 처리하는 강우-유출 모형을 개선해야 하겠다. 또한 팔당 저수지의 조밀한 단면사용과 아울러 남/북한강 樹枝型 하천체계의 통합된 모의가 필요하다.

감사의 말

본 연구를 위한 현대 기금의 지원에 깊은 사의를 표합니다.

參 考 文 獻

1. 건설부 (1977), 한강 하천정비 기본 계획.
2. 건설부 (1982), 남한강 하상 변동 조사 보고서.
3. 이상호 (1993), 한강수계 저수지군의 홍수시 예측 및 제어, 공학박사 학위논문, 서울대학교 토목공학과.
4. 이상호, 이길성 (1994), "홍수 사상에 대한 소유역 강우-유출 모형 개발," 한국수문학회지, 27(3), pp.145-158.
5. Fread, D. L. (1986), "National Weather Service Operational Dynamic Wave Model, Version 07/18/84," National Weather Service, NOAA, Silver Spring, Maryland.
6. Georgakakos, A. P., K. P. Georgakakos, and E. A. Baltas (1990), "A State-Space Model for Hydrologic River Routing," Water Resources Research, 26(5), pp.827-838.
7. Henderson, F. M. (1966), Open Channel Flow, Macmillan, New York, N.Y., p.364
8. McMahon, G. F., R. Fitzgerald, and B. McCarthy (1984), "BRASS Model: Practical Aspects," J. of Water Resources Planning and Management, ASCE, 110(1), pp.75-89.
9. Natale, L., and E. Todini (1977), "A Constrained Parameter Estimation Technique for Linear Models in Hydrology," Mathematical Models for Surface Water Hydrology, John Wiley & Sons, New York, N.Y., pp.109-147.
10. National Environment Research Council (1975), Flood Studies Report, Vol. III.
11. Ponce, V. M. (1989), Engineering Hydrology Principles and Practices, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, pp.586-588.
12. Todini, E., and A. Bossi (1986), "PAB(Parabolic and Backwater) an Unconditionally Stable Flood Routing Scheme Particularly Suited for Real-Time Forecasting and Control," J. of Hydraulic Research, 24, pp.405-424.
13. Unver, O., L. W. Mays, and K. Lansey (1987), "Real-Time Flood Management Model for Highland Lake System," J. of Water Resources Planning and Management, ASCE, 113(5), pp.620-638
14. Wasimi, S. A., and P. K. Kitanidis (1983). "Real-Time Forecasting and Daily Operation of a Multireservoir System during Floods by Linear Quadratic Gaussian Control," Water Resources Research, 19(6), pp.1511-1522.

〈접수 : 6.12〉