

한강 수계내 댐군의 홍수 조절 효과

○ 백 중 철* · 배 덕 효** · 허 준 행*** · 조 원 철****

1. 서 론

본 연구에서는 한강 수계내에 위치해 있는 댐군의 과거 홍수사상에 대한 홍수 조절 효과를 분석하였다. 분석을 위한 대상 홍수사상은 '90년과 '95년 홍수사상을 선정하였으며, 유역 및 하도추적 모형으로는 HEC-1 모형을 이용하였다. 한강수계내 다목적 댐, 즉, 화천댐, 소양강댐 그리고 충주댐 하류에 위치한 하류부유역에 대하여 대상 기간동안의 15개 강우관측지점에서의 강우사상 및 하류부에서 관측된 수문곡선을 토대로 검정된 매개변수를 적용하였다. 3개 다목적댐의 조절능력 유무에 따른 방류량을 상류부에서의 유입량으로 설정하고 하류부에 대하여 유역 및 하도추적을 실시하여 모의한 수문곡선의 변화를 비교지점에서 분석함으로써 홍수조절 효과를 분석하였다. 분석을 위한 비교지점으로는 북한강 수계에 위치한 청평수위표 지점, 남한강 수계에 있는 여주수위표 지점 그리고 팔당댐 및 인도교 수위표 지점에서 관측된 수문곡선을 이용하였다. 한편, 하도추적시 북한강 수계에 위치해 있는 4개의 발전용 댐을 Level-Pool 저수지 추적기법으로 고려하여 홍수조절에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 적용모형의 검정

본 연구에서는 대상유역에서의 홍수량을 산정하기 위한 유역유출 및 하도추적 모형으로 미공병단에서 개발한 HEC-1 모형(1991 version)을 이용하였다. 대상홍수사상들을 공통적으로 만족시킬 수 있는 HEC-1 모형의 매개변수를 추정하고, 선정된 매개변수를 이용하여 다목적댐의 운영실적을 토대로 대상 홍수사상별 홍수 조절 효과를 분석하였다.

HEC-1 모형에서 적용한 기법으로서 강우손실률은 SCS 곡선지수법(curve number method)을 이용하였으며, 유역유출해석에서는 SCS 무차원 단위도법 및 지표유출량을 계산하기 위한 운동파(Kinematic wave) 추적기법을 적용하였다. 하도추적은 Muskingum-Cunge 방법을 적용하였으며, 하도구간 내에서 측방유입을 고려할 필요가 있다고 판단되는 경우에는 운동파 추적기법을 이용하였다. 발전용댐에서의 홍수지체효과는 level-pool 저수지 추적법을 이용하여 고려하였다.

대상 유역을 13개의 소유역과 13개의 하도추적 구간을 설정하고, 상류부에 위치하는 화천댐, 소양강댐 및 충주댐으로부터의 방류량을 상류단으로부터의 유입량으로 입력하여 유역추적 및 하도추적을 실시하였다. 검정 대상 홍수사상은 '90년과 '95년 홍수사상 그리고 강우사상은 3개 다목적댐 하류유역에 위치하고 있는 건교부 우량관측소중 15개 지점에서 관측된 시우량자료를 선정하여 적용하였으며, 각 소유역에서의 Thiessen 계수는 한강홍수에경보에서 구성된 자료를 토대로 재산정 하였다. 한강수계내의 각 관측지점에서의 강우량 자료를 분

* 연세대학교 토목공학과 박사과정
** 창원대학교 토목공학과 부 교수
*** 연세대학교 토목공학과 부 교수
**** 연세대학교 토목공학과 교수

석해보면, 본 연구에서 설정한 소유역들중 동일 소유역 내에 위치하고 있는 관측소 사이에도 대상 홍수기간동안 관측된 자료들이 서로 상당한 차이를 보이는 경우가 있기 때문에 가능한 한 다수의 관측자료를 적용하여야 보다 정확한 결과를 산정할 수 있으나, HEC-1 모형에서 고려할 수 있는 강우관측지점 수에 한계가 있는 관계로 각 소유역을 대표할 수 있는 지점의 강우관측자료만을 선정하여 적용하였다.

본 유역에 대해서는 모의한 수문곡선을 검증하기 위한 실측 수문곡선으로 북한강 유역의 경우 청평수위표 지점, 남한강 유역의 경우 여주수위표 지점에서의 수문곡선 그리고 한강 본류의 경우는 팔당댐에서의 유입 수문곡선과 인도교수위표 지점에서의 수문곡선을 선정하여 모의 및 실측 수문곡선을 비교하고 분석하였다. 이상에서 제시한 조건을 토대로 본 연구에서 검증한 매계변수를 적용하여 대상홍수상을 모의한 결과를 각 비교지점에서 실측된 수문곡선과 함께 도시하면 그림 1 ~ 그림 8과 같다. 그 결과를 분석하여 보면, '90년 홍수사상의 경우 청평지점에서의 모의 수문곡선은 실측 수문곡선에 비해서 유출총량의 상대오차는 -3.58%, 첨두유출량의 상대오차는 9.20%로 산정되었으며, 여주지점의 경우는 유출총량의 상대오차가 1.78%, 첨두유출량의 상대오차가 -2.98%로 산정되었다. 북한강과 남한강이 합류된 팔당댐에서의 모의 수문곡선의 유출총량 상대오차는 -2.65%, 첨두유출량의 상대오차는 -5.23%인 것으로 나타났다. 그리고 인도교 지점에서의 유출총량의 상대오차는 -2.40%, 첨두유출량의 상대오차는 -1.88%로서 모든 검증지점에서 모의결과가 상당히 양호한 것으로 나타났다. '95년 홍수사상의 경우는 청평지점에서의 유출총량의 상대오차는 -15.18%이며, 첨두유출량의 상대오차는 -12.81% 그리고 여주지점에서의 유출총량 상대오차는 -10.84% 첨두유출량의 상대오차는 -6.48%로서 유출총량의 경우 '90년 홍수사상의 모의결과보다 다소 오차가 크게 산정되었다. 팔당댐의 경우 모의 유입수문곡선의 유출총량 상대오차는 1.42%, 첨두유출량의 상대오차는 1.89%로 산정되었으며, 인도교 지점의 경우 유출총량의 상대오차는 -7.20%이고 첨두유출량의 상대오차는 -4.06%로 산정되었다. 즉, '95년 홍수사상의 경우 팔당댐에서의 첨두유입량은 오차가 크게 산정되었지만, 청평, 여주, 인도교 수위표 지점에서의 첨두유출량은 매우 정확하게 산정되었다.

결과적으로, 3개 다목적댐 하류유역에서 '90년 및 '95년 홍수사상에 대해서 모의한 결과를 전반적으로 분석해 보면, 본 연구에서 선정된 매계변수를 적용한 유출 및 하도추적 모형의 홍수사상 모의 능력은 홍수조절용댐의 조절능력을 평가하는데 적용하기에 적합한 것으로 나타났다.

2.2 다목적댐의 홍수조절능력 분석

본 연구에서는 전절에서 검정을 실시한 유역유출 및 하도추적 모형을 이용하여 홍수조절용 댐들의 조절능력을 분석하였다. 분석을 위한 비교지점으로는 북한강 수계에 위치한 청평수위표, 남한강 수계에 위치한 여주수위표 그리고 한강 하류부에 위치한 인도교수위표 지점에서 관측된 수문곡선을 이용하였다. '90년과 '95년 홍수사상을 대상 홍수사상을 설정하고 각 홍수조절댐의 조절능력 유무를 조건으로 유역 및 하도추적에 의해서 모의한 수문곡선의 변화를 비교함으로써 홍수조절능력을 평가하였다. 모의된 수문곡선으로부터 첨두유출량의 변화를 분석하였으며, 대상지점에 대해서 제시되어 있는 수위-유량관계식을 이용하여 모의된 첨두유출량을 수위로 환산하여 수위 변화의 영향을 파악하였다. 각 홍수조절 댐의 유무에 따라서 모의된 수문곡선을 비교지점별로 도시하면 그림 9 ~ 그림 14와 같다.

각 댐의 홍수조절능력을 평가한 결과 '90년 홍수사상의 경우 충주댐의 조절효과가 가장 큰 것으로 나타났으며, '95년 홍수사상은 소양강댐과 충주댐의 홍수조절 효과가 유사한 것으로 나타났다. 한편, 본 연구에서 실시한 유역유출 및 하도추적 결과 2개 또는 3개의 댐을 조합한 홍수조절능력은 각 댐의 홍수조절 능력을 산술적으로 합한 능력과는 다른 것으로 나타났다. 이러한 현상은 하도추적시 구간별로 유역유출 및 지류유입에 의한

유량의 변화 및 자연하도의 특성 그리고 level-pool 저수지 추적기법으로 고려한 북한강 수계내의 발전용 댐 등에 의한 홍수파의 분산에 의한 것으로 판단된다. 대상홍수사상별로 각 댐들의 홍수조절 능력을 분석하면 다음과 같다.

가) '90년 홍수사상

소양강댐은 청평수위표 지점에서 약 2.5m의 수위와 약 5,700 cms의 침투유출량을 감소시키면서, 침투도달 시간을 1시간 정도 지연시키는 한편, 인도교수위표 지점에서는 약 1m 정도의 수위 및 5,300 cms의 침투유출량을 감소시킨 것으로 나타났다. 화천댐의 경우는 청평수위표 지점에서 약 0.70m의 수위를 감소시키면서 약 1,500 cms의 침투유출량을 감소시키고, 인도교수위표 지점에서 약 0.10m의 수위 및 약 400 cms의 침투유출량을 감소시키므로서 미소한 홍수조절 효과를 나타내었다. 소양강댐과 화천댐을 조합한 홍수조절 능력을 평가해 보면 청평수위표 지점에서는 약 3m의 수위를 감소시켰으며 인도교 지점에서는 약 1.70m의 수위 및 약 8,000cms의 침투유출량을 감소시킨 것으로 나타났다. 충주댐은 여주수위표 지점에서 약 1.30m의 수위 및 약 7,000cms의 침투유출량을 감소시키면서 침투도달시간을 약 7시간 지연시킨 것으로 나타났으며, 인도교 지점에서는 약 1.3m의 수위 및 약 6,000 cms의 침투유출량을 감소시킨 것으로 나타났다. 소양강댐, 화천댐, 충주댐을 조합한 홍수조절능력을 평가해 보면 인도교수위표 지점에서 약 3m의 수위 및 약 14,600 cms의 침투유출량을 감소시킨 것으로 나타났다. 한편, 충주댐, 소양강댐, 화천댐의 홍수조절에 의한 인도교에서의 침투홍수량 발생 시간은 홍수조절능력이 없는 경우보다 단축된 것으로 나타났는데, 이것은 이들 댐으로부터 조절된 방류량이 인도교지점에 도달해서는 수문곡선의 상승부 이후부터 영향을 미치게 되어 침투발생시간은 단축되었으나 이 시점에서 유출량의 증가는 발생하지는 않았으므로 '90년 홍수사상의 경우 침투시간의 단축은 의미가 없다. 즉, '90년 홍수사상의 경우 이들 3개의 홍수조절용 댐 들은 인도교 지점에서 침투홍수량은 감소시켰지만, 침투 발생시간의 지연에는 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

나) '95년 홍수사상

소양강댐은 청평수위표 지점에서 약 1.8 m의 수위 및 약 3,500 cms의 침투유출량을 감소시켰으며, 인도교 수위표 지점에서는 약 0.6m의 수위 및 약 2,400 cms의 침투유출량을 감소시킨 것으로 나타났다. 화천댐은 청평수위표 지점에서 약 0.45 m의 수위와 약 800 cms의 침투유출량을 감소시키는 한편 인도교 지점에서는 거의 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 소양강댐과 화천댐을 조합한 경우는 청평수위표 지점에서는 약 2.4 m의 수위를 감소시키는 한편 인도교 지점에서는 약 0.66m 정도의 수위를 감소시킨 것으로 나타났다. 충주댐의 경우는 여주수위표 지점에서 0.6 m 정도의 수위와 약 3,000 cms의 침투유출량을 감소시킨 한편, 인도교 지점에서는 약 0.5m의 수위 및 약 2,300cms의 침투유출량을 감소시킨 것으로 나타났다. 소양강댐, 화천댐, 충주댐을 조합한 홍수조절 효과는 인도교수위표 지점에서 약 1.30m 정도의 수위 및 약 5,600cms의 침투유출량을 감소시키는 능력이 있는 것으로 나타났다.

전반적으로 분석해 볼 때, '90년 홍수사상의 경우 충주댐에 의한 홍수조절효과가 가장 큰 것으로 나타났으며, '95년 홍수사상의 경우 충주댐과 소양강댐의 홍수조절 효과가 유사한 것으로 나타났다.

2.3 발전용댐의 홍수조절효과

팔당댐의 침투홍수량 저류 또는 지체효과의 존재 여부를 분석하기 위하여 팔당댐의 수문제원, 제한수위 및 계획홍수위 등 지정 수위, 저수위-저류용량 관계자료 등을 고려한 Level-Pool 저수지 추적기법을 적용하여 유

출 및 하도추적 모형에 의해서 모의된 유입수문곡선을 토대로 방류수문곡선을 모의하였다. 모의 및 실측된 유입/방류 수문곡선을 홍수사상별로 도시하면 그림 15 ~ 그림 16과 같다. 모의 및 실측된 유입/방류 수문곡선의 상대오차를 비교하여 보면 '90년 홍수사상의 경우 유입총량의 상대오차는 -2.65%, 첨두유입량의 상대오차는 -5.23% 그리고 방류총량의 상대오차는 -1.93%, 첨두방류량의 상대오차는 -4.83%이다. '95년 홍수사상의 경우 유입총량의 상대오차는 1.42%, 첨두유입량의 상대오차는 12.89% 그리고 방류총량의 상대오차는 1.67%, 방류 첨두량의 상대오차는 12.78%로서 '95년 첨두량을 제외한 모의 결과의 정확도가 상당히 높은 것으로 나타났다. 이 결과를 토대로 팔당댐에서의 저류효과를 보면 첨두유출량의 지연시간은 두 경우 모두 약 2시간으로 나타났으나, '90년 홍수사상의 경우 약 300cms 그리고 '95년 홍수사상의 경우 약 200cms 정도의 첨두유출량이 미소하게 감소한 것으로 나타났으므로, 팔당댐은 첨두홍수량의 저류효과는 거의 없는 것으로 파악되었다.

발전용댐군, 즉, 춘천댐, 의암댐, 청평댐, 팔당댐을 모두 Level-Pool 저수지 추적기법으로 고려한 경우와 이들 댐군의 영향을 무시하고 유역 및 하도추적을 실시한 경우의 결과를 비교하여, 발전용댐군에 의한 홍수조절효과를 분석해 보면 '90년 홍수사상의 경우 인도교 지점에서 첨두홍수량의 발생시간은 동일한 것으로 나타났으나, 첨두홍수량을 약 1,300 cms 정도 감소시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 한편, '95년 홍수사상에 대해서는 첨두홍수량의 감소에는 거의 영향을 미치지 않았으나, 첨두홍수량의 발생시간을 약 2시간 정도 지연시킨 것으로 나타났다.

3. 결론

본 연구에서는 과거 홍수사상에 대한 한강 수계내 댐군의 홍수조절효과를 HEC-1 모형에 의한 유역 및 하도추적을 실시하여 분석하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

각 댐의 홍수조절 효과를 분석한 결과, '90년 홍수사상의 경우 충주댐의 조절효과가 가장 큰 것으로 나타났으며, '95년 홍수사상의 경우 소양댐과 충주댐에서의 홍수조절 효과는 유사한 것으로 나타났다.

하도추적시 한강 하류부에 위치해 있는 4개의 발전용 댐을 Level-Pool 저수지 추적기법으로 고려한 결과 첨두홍수량의 감소 및 지체에 미소한 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 추후 하류부 지점에서의 홍수도달 시간 및 첨두홍수량의 산정시 고려할 필요가 있는 것으로 나타났다.

상류부에 위치한 댐으로부터의 방류량에 의한 하류부 지점에서의 홍수도달시간 및 첨두홍수량을 산정할 경우에는 하류부유역으로부터 하도내로의 유출 및 지류에 의한 유입량 등 하류부 상황을 실시간으로 고려하여 산정할 필요가 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

건설부 한강홍수통제소, 충주다목적댐 건설에 따른 한강홍수에경보 프로그램 개선방안, 1985.
 김중훈, 전환돈, 윤용남, 이재수, HEC-1 모형의 대하천유역에의 적용, 대한토목학회논문집, 제17권 제II-1호, 1997, pp. 1~11.
 US Army Corps of Engineers, HEC-1 Flood Hydrograph Package User's Manual, 1990.
 Hoggan, D.H., Computer-Assisted Flooplain Hydrology & Hydraulics, 2nd ed., McGraw-Hill, 1997.

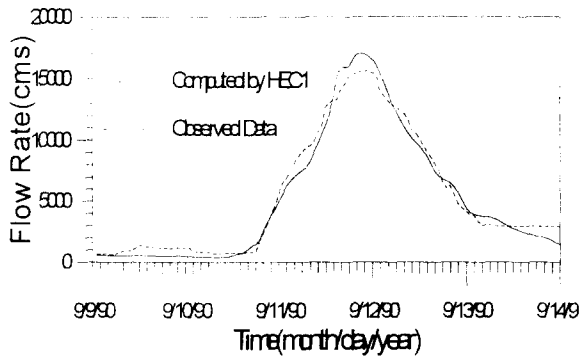


그림 1 청평댐의 실측 및 모의 유입수문곡선('90년)

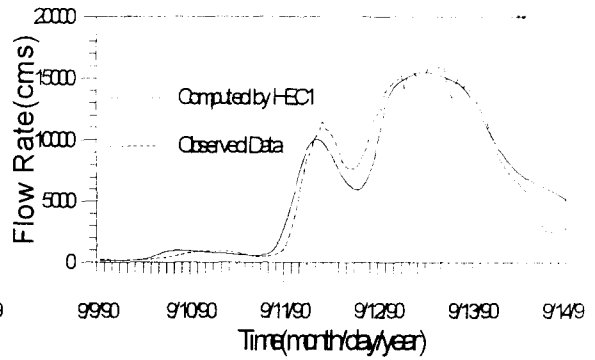


그림 2 여주지점의 실측 및 모의 유입수문곡선('90년)

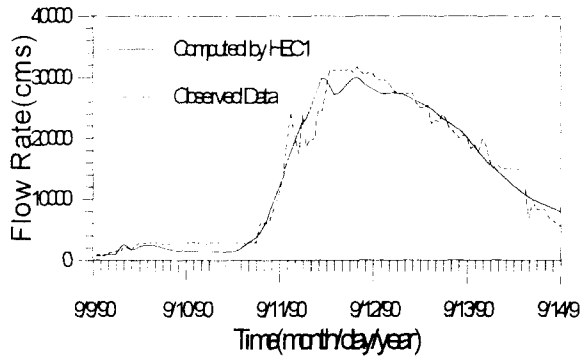


그림 3 팔당댐의 실측 및 모의 유입수문곡선('90년)

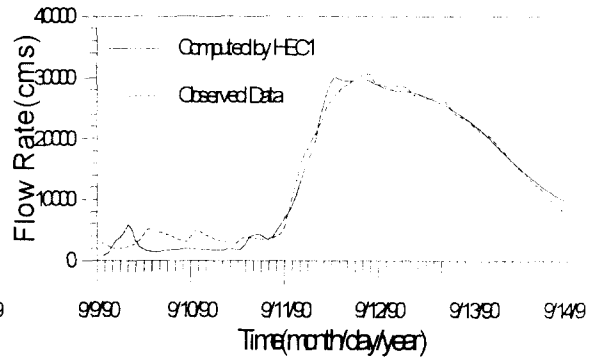


그림 4 인도교지점의 실측 및 모의 유입수문곡선('90년)

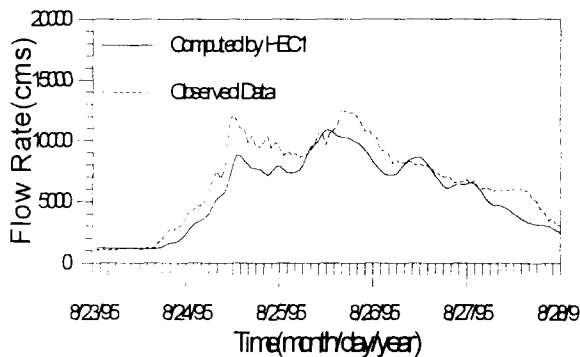


그림 5 청평댐의 실측 및 모의 유입수문곡선('95년)

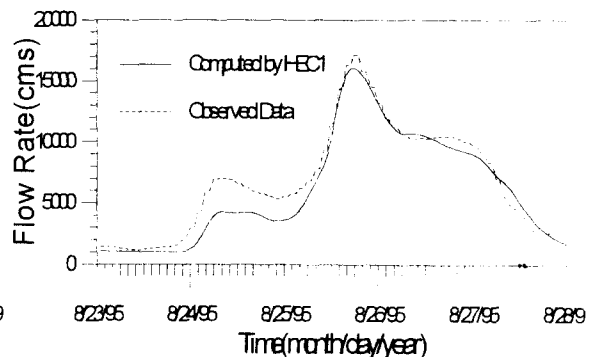


그림 6 여주지점의 실측 및 모의 유입수문곡선('95년)

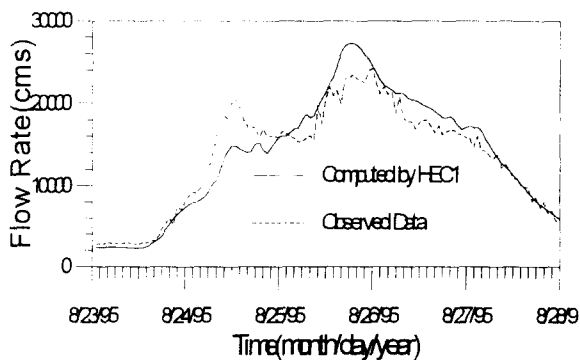


그림 7 팔당댐의 실측 및 모의 유입수문곡선('95년)

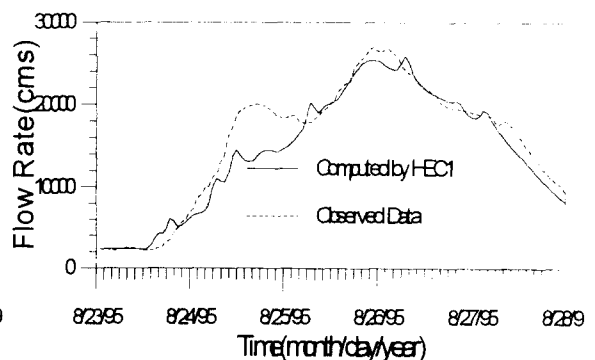


그림 8 인도교지점의 실측 및 모의 유입수문곡선('95년)

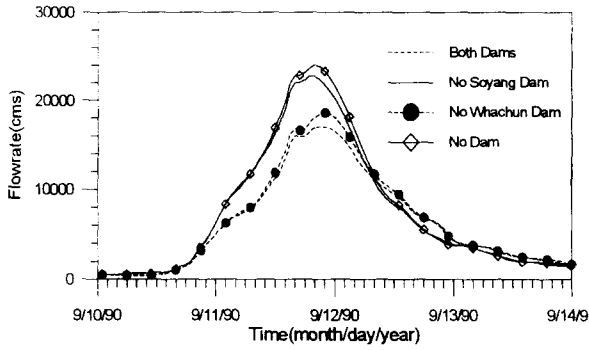


그림 9 소양강 댐, 화천댐의 홍수조절능력(청평, '90년)

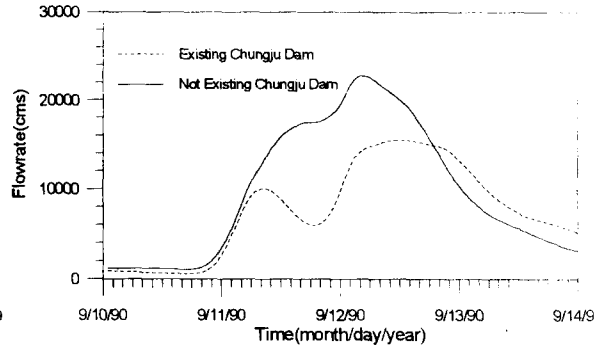


그림 10 충주댐의 홍수조절능력(여주, '90년)

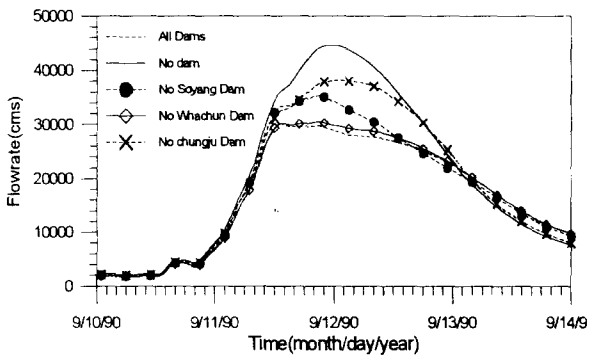


그림 11 소양강·화천·충주댐의 홍수조절 능력(인도교, '90)

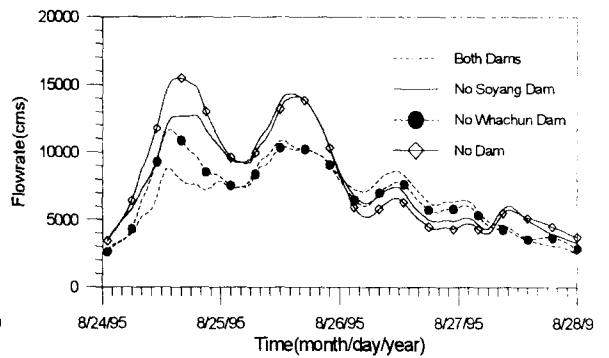


그림 12 소양강 댐, 화천댐의 홍수조절능력(청평, '95년)

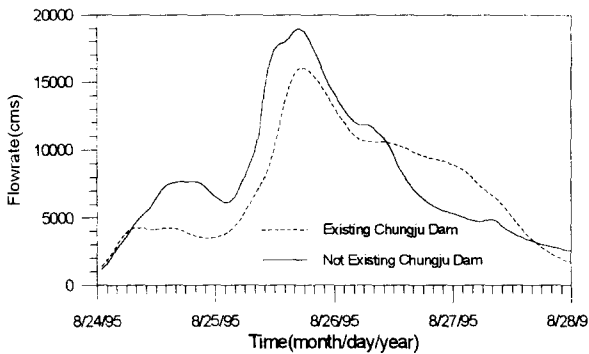


그림 13 충주댐의 홍수조절능력(여주, '95년)

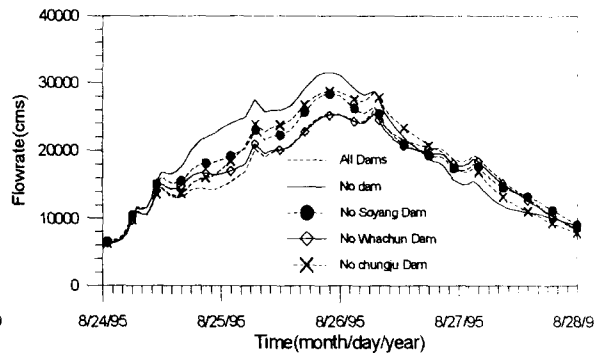


그림 14 소양강·화천·충주댐의 홍수조절 능력(인도교, '90)