

수치모형을 이용한 유사 저감기법 연구

임창수¹⁾,맹승진¹⁾,한건연²⁾,손광익³⁾,이재준⁴⁾,윤세의⁵⁾

1. 서론

본 연구에서는 퇴사 및 유사문제를 안고 있는 금강 부여취수장(그림 1)을 선정하여 유사유입 원인 및 원인에 적합한 각종 유사저감 기법의 검토를 통한 최적의 유사 방지기법을 제시하였다. 유사에 대한 현대 학문의 한계성으로 인하여, 선택된 기법의 최종적인 검토를 위해서는 수치모형 실험이 필수적이거나 본 연구에서는 금강 부여취수장에 대한 퇴사 및 유사 유입 방지기법을 선정하여 물리적 모형실험을 실시하기에 앞서 수치 모의기법을 적용하여 취수장 주변에서 퇴사 및 부유 물질의 유입 저감기법에 대한 검토를 실시하였고 유사의 퇴적 및 유입방지용 수리 시설물 설치에 따른 취수장 상하류의 하천공학적 안정성을 검토하여 유사 저감기법에 대한 일반적인 기초자료를 제공하고자 한다.

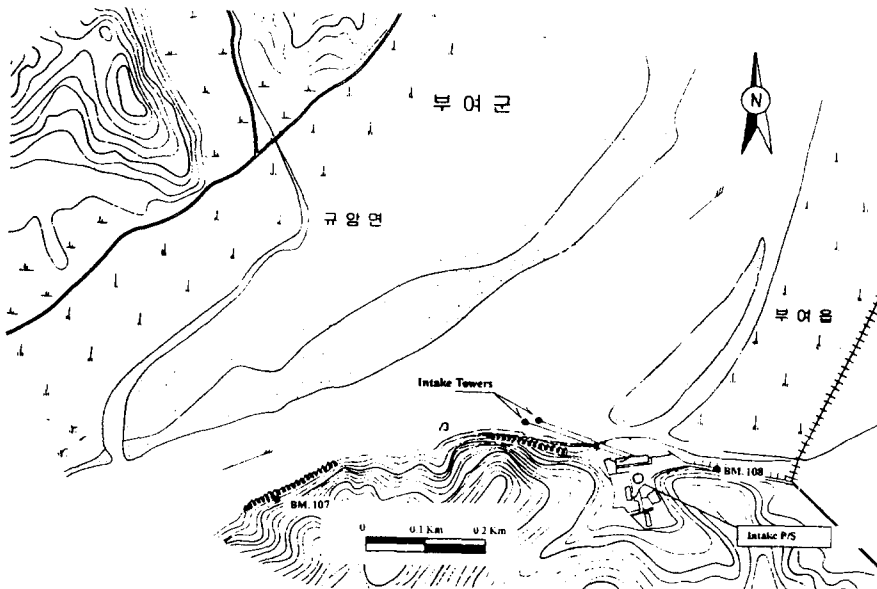


그림 1. 부여 취수장의 위치도

- 1) 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원, 연구원 2) 경북대학교 공과대학 교수
3) 영남대학교 공과대학 조교수 4)금오공대 부교수 5) 경기대학교 공과대학 교수

2. 하천의 수리특성 분석

2.1 河床 변동

하천의 평면적 변동은 유심부, 하폭 및 저수로폭의 변화에 對하여 各 측정별로 비교 검토하였다. 검토 결과, 금회 연구 구간의 평면적 변동은 일부구간의 인위적 요인에 대한 하폭변화 정도이고 低水路 및 流心部는 各 단면에 따라서는 다소 차이가 있으나 대체적으로는 큰 변화가 없는 상황이다. 다만 금강 부여 취수장 부근은 좌안측인 現 취수탑 주위로 형성되어 흐르던 유로가 대홍수 이후마다 유심부가 이동되었고 취수탑의 영향 검토를 위해서는 취수탑 주위에 대한 보다 세밀한 수리학적 검토가 요망된다. 금회 연구구간의 最深河床高를 各 구간별로 검토한 결과, 금회 연구구간 중점인 金川 합류점에서 백제대교 하류구간은 불규칙하게 하상이 변동하고 있는 것으로 나타났다 (그림 2).

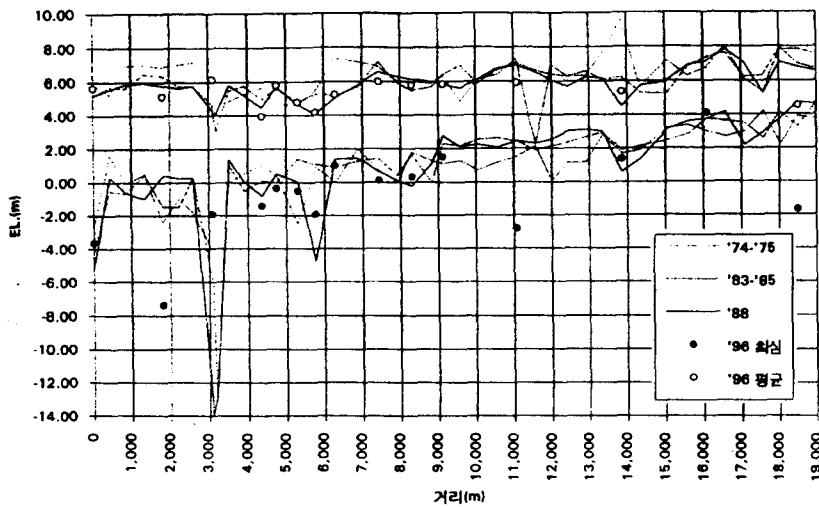


그림 2. 최심하상고 및 평균 하상고의 종단적 변화도(금천합류점 - 진두)

2.2 유사 및 하상토

2.2.1 하상토 입도분포

하상토와 취수구내 퇴적유사 분포특성을 비교하여 유사유입 특성을 검토하기 위하여 취수탑내 퇴적유사를 채취하여 입도분석을 실시하였다. 취수구내 퇴적된 입자의 유효입경은 취수구 주변 하상토의 유효입경과 거의 동일하나 중앙입경 및 평균입경은 하상토보다 작다는 것을 알 수 있었다.

2.2.2 유량-유사량 자료수집 및 검증

가. 유량-유사량 자료수집

건설부(1988.a)에서는, 1965년 및 1968년 금강유역조사사업시 금강의 용담, 옥천, 수통, 송포, 공주, 규암 수위표의 6개 지점에서 유사량을 실측하여 유하량과 부유사량과의 관계식 및 상관도를 작성하였으며 이들 자료는 상태가 양호하다. (건설부; 1992)

나. 유량-유사량 관계식 검증

유량-유사량 관계식과 수위-유량관계식을 이용하여 취수구로 유입되는 과거 약 10년간의 부유사량을 산정하고 이 산정치를 과거 취수탑 및 정수장의 준설자료와 비교하였다. 계산 결과는 연간 취수구로 유입된 총 부유사량과 취수탑 및 착수정 준설기록과를 비교하였다. 전체적으로 예상 유입 부유사량이 실제 준설량의 약 40% 정도임을 알 수 있었으며 이는 취수구 주변의 수리적 흐름 특성에 따라 실제의 유사 분포는 계산과정의 가정조건인 수 하도 통수단면에 걸쳐 균등하게 분포되지 않으며 준설량 특히 착수정내 준설량이 정확하지 않고 갈수기에 해당하는 수위-유량, 유량-유사량 관계곡선식에 대한 신뢰도가 높지 않은 등에 기인한다.

2.3 1차원 모형을 이용한 고정상 및 이동상 실험 자료구축

본 연구에서 Manning 계수 n 값을 결정하는 방법은 금강하구둑으로부터 대청댐까지 고정상 모형 보정을 실시한 건설부(1988.b)의 자료를 검토하여 선정하였으며 하천의 단면확대 및 축소계수의 선정은 HEC-6 Manual과 Hogan(1989)의 권장치에 따라 선정하였다.

고정상 입력자료와 기존의 유사자료를 이용하여 입력자료를 준비하여 시험적인 프로그램을 수행하였다. 한국건설기술연구원(1991)에 따르면 Toffaleti, Laursen, Yang공식을 금강상류에 적용할 경우 구간별로 예측 신뢰도가 다르며 전체적으로 Yang의 공식을 사용하는 것이 무난할 것으로 판단된다.

3. 유사이동 원인분석 및 현황 모의분석

3.1 유사이동 원인분석

취수탑과 정수장으로 유입되는 유사에 대한 부유사 및 소류사의 기여도를 확인하기 위하여 간접적인 방법으로 착수정이나 취수탑으로 유입되는 유사의 크기 및 입도분포와 취수탑 주변 상하류의 하상도 입도분포를 비교, 분석하여 부유사 및 소류사의 상대적인 기여도를 추정하는 기법을 시도하였다. 각종 유입유사 입경에 대한 분석에 의하면 부여취수장 취수탑으로 유입되는 유사 대부분이 하상도인 것으로 판단되었다. 따라서 부여 취수장에 대한 유사유입은 소류사에 기인하는 것으로 판단되었다.

3.2 유사이동 현황 모의분석

취수탑을 중심으로한 금강본류의 상하류에 대한 수리적 특성 및 유사론적 특성을 파악하기 위하여 현황분석을 1차원 및 준 2차원 수치해석적 유사모의 분석을 실시하였다. 이를 위하여 과거 11년간(1986 ~ 1996)의 실적 유량자료로부터 얻어진 통계적 대표치를 준시계열적 유량자료로 변환한 유량수문곡선 즉, 평균치 계열에 대하여 하상변동을 모의하여 HEC-6 및 GSTARS 모형의 적용성을 검증하였다.

HEC-6나 GSTARS 모두 1988년도의 실측하상고를 초기조건으로 하고 1988년~1996년 유량의 1년 365일의 각 일에 대한 평균치 계열이 유하한다고 하였을 때 얻어지는 종단하상고의 변동상황

을 분석한 결과 전반적인 하상변동의 흐름에 있어서 실측치와 비교하여 보면 과소 추정하고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 과소 추정의 주요원인으로는 '96년까지의 대규모 골재채취에 의한 하상 변동효과를 충분히 반영하지 못하기 때문으로 생각된다.

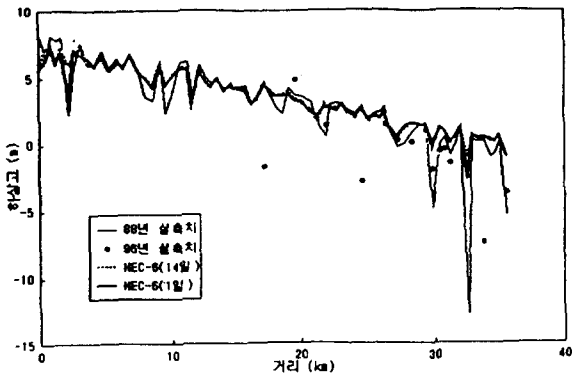


그림 3. 금강 해석대상구간내의 하상고 변화(평균치 계열)

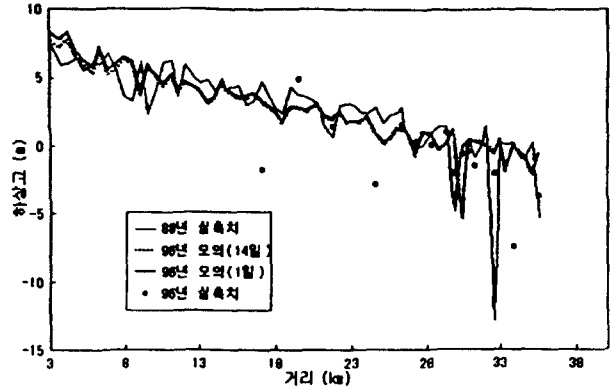


그림 4. 금강 해석대상구간내의 최심 하상고 변화(평균치 계열)

4. 각종 유사유입 저감기법의 제시

금강 부여취수장의 유사유입은 소유사에 의한 것으로 판단되었으며 따라서 본 연구에서는 소유사에 의한 유사유입저감을 집중적으로 연구, 검토하였다. 취수구로의 유사유입이 소유사에 기인하고 있어 유사유입저감을 위해서 하상으로부터 취수탑 취수구의 하단까지의 적절한 높이는 하상 형태가 antidune 또는 Transition인 것으로 판단됨에 따라 antidune 둔덕의 높이와 하상으로부터 취수구까지의 높이차를 2.0ft 이상으로 권장하는 일반론적인 여유고를 감안하여 하상으로부터 취수구까지의 높이차를 최소 7.0ft (2.1m) 이상 유지해야 할 것으로 사료된다.

4.1 취수구 전면 웨어설치

취수구의 하단과 하상 높이차를 증대시키기 위한 방편으로 취수구 전면에 설계취수량을 충분히 소통시킬 수 있는 웨어를 설치하는 기법을 검토하였다. 갈수기에도 설계취수량을 취수할 수 있는 웨어의 설계결과 연중 90% 이상 유지할 수 있는 수위는 약 1.7m에서도 일 30만톤의 취수량을 통수시킬 수 있도록 sharp edged 웨어를 취수탑으로부터 20 - 30 cm 떨어진 위치에 월류부 표고는 1.33 m 이하가 되어야 할 것으로 산정되었다. 또한 최저수위 1.2m의 경우에도 설계취수량을 취수하기 위해서는 웨어 월류부의 표고는 최저 0.83m 까지 가변이 가능하도록 빈지를 설계해야 할 것이나 취수탑 내부의 직경 2.8m의 월류부 정점 표고가 1.10m 이므로 현 취수탑의 구조상 가변웨어의 최저 표고는 1.10m 로 결정하였다.

4.2 취수탑 주변의 국부세굴을 위한 배인설치

이상의 방법으로는 취수구 하단과 하상의 높이차 2.1m를 만족시킬 수가 없으므로 취수탑 주변의 하상표고는 -0.77m ($=1.33 - 2.10$) 이하를 유지할 수 있도록 배인을 설치하는 기법을 검토하였다. 유사 및 수리학적 특성이 유사한 취수탑 주변의 유량 경계를 크게 200cms, 1000cms, 4000cms 로 구분 지어 이들 유량에 대한 배인설계를 검토하였으며 이들 유량에 대한 검토결과 현 단계에서 제시할 수 있는 가장 이상적인 배인의 최종 설계치는 배인의 Top El. = 0.25 m, 배인의 종횡방향 배열 (N) = 4열; 횡방향 및 4열 ; 종방향, 배인 높이 (H_b) = 2.5 m, 배인 길이 (L) = 6.0 m, $\alpha = 15^\circ$, 배인의 횡 간격 (δ_n) = 5 m, 배인의 종간격 (δ_s) = 30 m, 배인과 취수탑 끝단 거리 (δ_b) = 6 m 로 도면상 배인의 배열 및 기하학적 특성 및 이 배인에 의하여 발생될 취수탑 주변의 최심하상고의 예상치 및 실측된 과거의 횡단면을 기술하였다.

4.3 수제공 설치

본 부여취수장 주변에서의 수제공 설치, 밤섬제거 및 이들 시설물의 동시 시행에 따른 동수역학적 흐름특성과 유사이송 특성을 규명하기 위해서 이차원 모형에 의한 수치모의를 실시하였다. 수제공의 규모는 하안으로부터 흐름의 유황을 변동시킬 수 있는 두 가지 규모로 설정하였다. 작은 수제공의 경우 하안으로부터 그 길이가 150 m~250 m로 하였고, 보다 적극적인 유황의 변동을 위해서 큰 수제공의 경우 길이가 230 m~350 m로 하였다. 작은 수제공 설치에 따라 4,000 cms 유량조건하에서 퇴적 및 침식양상은 큰 변화가 없었으나, 12,030 cms 유량조건하에서 수제공 설치에 따라 수제공 하류부의 주하도부에서의 퇴적양상은 부분적으로 감소하였고, 침식양상은 증가하여 작은 수제공이 12,030 cms 유량조건하에서 취수구 상류부 주하도에서는 부분적인 하상저하의 효과가 예측되었다.

큰 수제공 설치에 따라 작은 수제공의 경우와 같이 4,000 cms 유량조건하에서 퇴적 및 침식양상은 수제공 주변에서 약간의 변화만 관측되었으나, 12,030 cms 유량조건하에서는 수제공 설치에 따라 수제공 하류부의 주하도부에서의 퇴적양상은 크게 감소하였고, 침식양상은 증가하여 큰 수제공이 12,030 cms 유량조건하에서 취수구 상류부 주하도에서 5~20 cm에 달하는 큰 하상저하의 효과가 예측되었다. 취수구 상류부의 주하도, 호암양수장 부근, 낙화암 부근, 신리양수장 부근에서 침식현상이 크게 나타난 것은 이 지역에서의 유황특성이 적절하게 반영된 것으로 사료되었고, 전반적인 퇴적 및 침식양상이 정성적인 면에서 실제상황을 비교적 잘 모의하고 있는 것으로 판단되었다.

4.4 밤섬제거

밤섬제거가 하상변동에 미치는 영향은 밤섬부근에 한해서만 국부적으로 나타나는 것으로 나타났다. 취수구지점에 대한 밤섬제거의 효과는 이들 유량조건에서 매우 작게 나타났다. 또한 취수구 하류부인 낙화암지점, 구두레나루터 지점 등 거의 전 지역에 걸쳐 밤섬제거에 따른 하상변동의 영향은 거의 없는 것으로 나타나 밤섬제거가 이 유역에서의 유황변동과 하상변동에 미치는 영향은 작을 것으로 판단되었다.

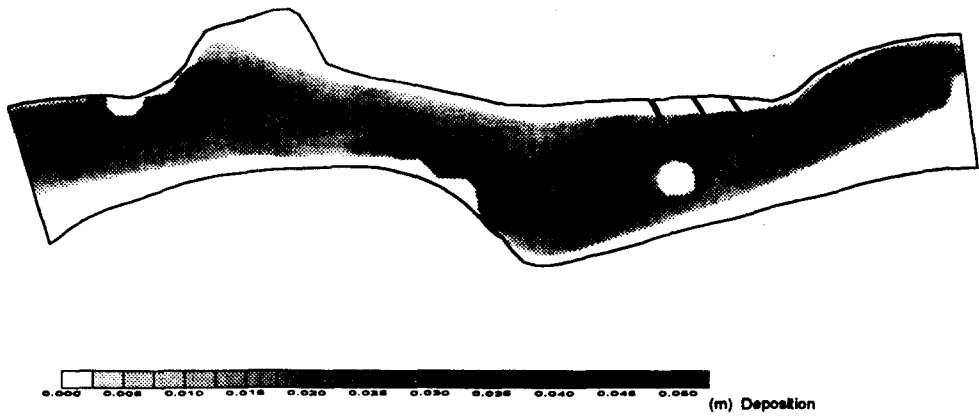


그림 5. 큰 수제공 설치에 따른 퇴적양상(Q=4,000 CMS)



그림 6. 큰 수제공 설치에 따른 침식양상(Q=4,000 CMS)

4.5 수제공 설치 및 밤섬제거

수제공 설치와 함께 밤섬을 제거한 경우, 밤섬제거에 따른 이 구역에서의 유속 및 수심분포 등의 유황변동과 퇴적 및 침식 등의 하상변동에 미치는 영향이 작게 나타났으므로 주된 영향은 수제공설치에 따른 것이고, 밤섬제거에 따른 효과는 미소한 것이었다. 수제공 설치 이외의 추가적인 밤섬제거가 하상변동에 미치는 영향도 밤섬부근 지점을 제외하면 모든 유량조건에 대해서 미소하거나, 거의 없는 것으로 나타났다.

5. 결 론

취수구 상하류부의 하도시설을 종합적으로 검토하면 하도침식의 영향은 수제공의 규모가 클수록 하도단면에서의 하폭감소와 속도증가로 수로 중심부에서의 세굴이 뚜렷하게 나타났고, 취수구 하류부에서는 수류가 낙화암 부근에서 부딪쳐 나가는 현상으로 인해서 거의 동일한 효과를 나타냈다. 하도 전체적으로 보면 취수구 상류부에서의 지속적인 하상저하를 위해서 수제공의 설치에 효과가 있는 것으로 판단되었다. 비록 수제공 설치에 따른 취수구 지점에서는 하상저하의 효과가 주 수로부에 비해서 상대적으로 작게 나타났으나, 수로전반에 걸친 하상저하의 영향이 발생하기 때문에 유람선 항로의 확보에는 효과가 있을 것으로 사료되었고, vane 등의 국부시설물의 도입에는 복합적인 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 취수탑 상류에 제티를 설치하고 취수탑에는 웨어를 설치하며 취수탑 주변에는 국부적 세굴을 위한 베인을 설치하는 방안을 최종 안으로 제시하였다.

참고문헌

건설부(1988a). 금강수계 종합정비계획 보고서.

건설부(1988b). 금강수계 종합정비계획 보고서 부록.

한국건설기술연구원 (1992). 댐설계를 위한 유역단위 비유사량 조사연구

한국건설기술연구원(1991). 하상변동 예측모형의 비교분석, 건설연 91-WR-112

Bettes, R., and W. R. White (1981). "Mathematical Simulation of Sediment Movement in Streams." Proceedings, Instn. Civ. Engrs., Part 2, Sept.

Hoggan, D.H. (1989). "Computer-Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics", McGraw-Hill.

King, I. P. and Norton, W. R. (1978). "Recent application of RMA's finite element models for two dimensional hydrodynamics and water quality." Finite Elements in Water Resources, proceedings of the 2nd International conference, London.

Odgaard, A. J. and Wang, Yalin (1995). "Sediment management in rivers using submerged vanes." HYDRA2000, IAHR Annual Conference Vol. 4: 60-65.