

HEC-6모형을 이용한 방사보 철거 전후에 따른 하상변동 특성

Characteristics of Bed Profile Fluctuation According to Before & After Removal of the Sediment Protection Weir using HEC-6 model

안 승 섭* / 이 수 식** / 최 윤 영*** / 이 증 석****

Ahn, Seung-Seop / Lee, Soo-Sik / Choi, Yun-Young / Lee, Jeung-Seok

Abstract

In this study, the characteristics of river bed profile fluctuation are become possible to be used effectively in future estimation of Taehwa river general development plan through analysis and examination according to the effects of sediment protection weir located in the area of the estuary of Taehwa river's main channel using HEC-6 model. The flow conditions needed in analysis of the characteristics of river bed profile fluctuation refer the conditions of flow which secures 95 days in a year, flood flow, and design flood examined in the estimation of Taehwa river maintenance basic plan. First, in analysis result of river bed variation range, there is no significant variation in upstream section from Samho-gyo while there are the more active erosion and sedimentation as the more flow in downstream from Samho-gyo. Next, from the result of the capacity of sediment transfer, it is analyzed that sediment transfer capacity in the area of estuary of Taehwa river has no significant difference in before and after removal of the sediment protection weir when design flood flows while it is estimated that the more flow, the bigger sediment transfer capacity.

Therefore, it is thought that the installation of a suitable hydraulic structure at the lowest point of Dong-chun tributary joins from the downstream of Taehwa river can be a good device to reduce the accumulation of sediments at the lowest point of Taehwa river considering the reduction plan of sediment inflow caused by removal of the sediment protection weir.

Keywords : HEC-6 Model, Sediment Protection Weir, River Bed Variation

요 지

본 연구에서는 HEC-6 모형을 이용하여 태화강 분류하도 하구부에 위치한 방사보의 영향에 따른 하상변동특성을 분석 검토함으로써, 향후 태화강 하도종합개발계획 수립시에 효과적으로 이용할 수 있도록 하였다. 하상변동특성 분석에 필요한 유량 조건은 태화강 하천정비기본계획수립에서 검토된 풍수량, 홍수량 및 계획홍수량 조건을 이용하였다. 먼저, 하상변동폭에 대한 분석 결과, 삼호교 하류 하도구간에서는 유하유량이 클수록 세굴과 퇴적이 활발히 진행되고 있으나 삼호교 상류 하도구간에서

* 정회원 · 경일대학교 도시정보지적공학과 부교수

** 울산과학기술대학 토목환경과 교수

*** 정회원 · 경도대학 토목환경과 조교수

**** 정회원 · 경일대학교 토목공학과 교수

는 큰 변동이 없는 것으로 분석되었다. 다음으로, 유사이송능을 검토한 결과, 유하유량이 클수록 유사이송능은 큰 값으로 추정되었으나 계획홍수량 유사시 방사보 철거전후의 태화강 하구부의 유사이송능은 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다.

따라서, 방사보 철거로 인한 토사유입량 감소대책을 고려하여 태화강 하류부에서 유입되는 동천 지류의 최하류부에 하천유지용수 확보와 태화강으로의 유사량 유입을 감소시키기 위하여 적절한 수리 구조물을 설치한다면 방사보 제거 후에도 태화강 최하류부의 유사량 퇴적을 감소시키는 좋은 방안이 될 것으로 판단된다.

핵심용어 : HEC-6 모형, 방사보, 하상변동

1. 서 론

대규모 산사태에 의하여 하도에 토사가 과잉 공급되었을 경우나 저수지 등의 수공구조물 축조로 인하여 하류방향으로의 유송토사가 저지되므로써 하도 및 하상은 장기간에 걸쳐 변동하게 된다. 즉 산사태 등과 같은 자연적 환경변화는 물론 하천정비, 댐의 건설, 하구둑의 건설 및 골재채취, 기타 하천시설물의 축조 등의 인위적 환경변화가 발생하면 하천에의 흐름이 변화하게 되고, 유사량이 변화하며 결국 이와 같은 변화는 하천지형의 동적 파괴상태를 초래하게 된다. 하천지형은 하천의 평형상태를 복원하는 과정에서 침식 및 퇴적작용을 겪게되며, 이 같은 작용의 반복적 결과로서 대규모 하상변동이 유발되는 것이다. 이와 같이 수 Km~수십 Km에 걸쳐서 발생하는 대규모 하상변동을 일반적으로 하상변동이라 하며, 하천의 일정한 하도구간에 대해 생각할 경우, 구간의 상류단면으로부터 유입되는 유입토사량과 하류단면에서 유출되는 유출토사량과의 비에 따라 그 구간에는 하상상승(Aggradation) 및 하상저하(Degradation)가 발생하고 이것을 거시적 측면의 하상변동이라고 할 수 있다. 하상의 저하는 유수단면의 증대와 연관되기 때문에 치수면에서는 바람직한 경향일 수 있으나, 이로 인해 평상시의 수면도 저하하기 때문에 이수용도의 수문 혹은 취수구가 노출되거나, 교각 기초부가 노출되어 심각한 위험 상태에 접하게 되는 등, 종종 치수 이외의 장애가 발생하게 된다. 또한 하상의 상승은 제방주변에서 천정천의 형성을 의미하기 때문에 치수 안전도 측면에서 결코 바람직하지 못한 경향이다.

하상변동에 관한 국내의 연구활동을 살펴보면 국내의 경우 박정웅(1984)은 St. Venant식을 FDM으로 해석하고 유사량공식은 Schoklitsch 공식은

채택한 하상변동 예측모형을 개발하여, 홍수에 의한 한강 하류부의 단기적인 하상변동을 해석하였으며, 박상덕(1989)은 Preissmann의 4점 음해법을 이용하여 St. Venant방정식을 차분하고, 유사량공식은 Toffaleti공식(1968)으로 채택한 모형을 개발하여 한강 하류부 구간에 적용하여 하상변동을 모의하였으며, 이남주(1989)는 미국 아이오와 대학의 IALLUVIAL 모형을 팔당댐~행주대교 구간에 적용한 바 있다. 그리고, 유권규와 우효섭(1991)은 HEC-6 모형을 이용하여 시험하천 구간과 팔당댐, 충주댐, 대청댐에 적용하여서 하상변동 예측을 비교 분석하여 하상변동에 관하여 이론적 및 실무적으로 한층 더 발전시킨 계기가 되었다. 외국의 경우 1970년대 이후 컴퓨터 수치해석에 의한 하상변동에 관한 수학모형의 개발에 의하여 프랑스의 SOGREAH에서 Cunge and Perdreau에 의해 개발된 CHAR-series을 들 수 있으며, 미 육군 공병단의 HEC에서 Thomas and Prashun에 의해 개발한 HEC-6(1977)은 본격적인 하상변동 예측모형으로 널리 사용되고 있다. 그리고 Simon, Li and Associates(1980)는 기존의 1차원 하천 부등류 예측을 위한 HEC-2 모형에 유사이송 및 장갑화에 의한 하상변동을 고려한 HEC-2SR 모형을 개발하였다.

본 연구에서는 태화강 본류하도 하구부에 위치한 방사보를 대상으로 방사보 철거전후에 따른 하상 변동특성을 1차원 유한차분모형인 HEC-6 모형을 이용하여 분석 검토함으로써 친 환경적인 하천공간개발의 방향을 제안하는데 목적을 두었다.

2. 기본이론

자연하도 하구부의 방사보의 영향에 따른 하상 변동특성분석을 위하여 본 연구에서 사용된 HEC-

6모형은 하천과 저수지에서의 세굴과 퇴적을 계산하기 위한 전산프로그램 패키지로써 미국 공병단 수문센터(U.S Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center)의 W.A. Thomas 등에 의해 1973년에 처음 개발되었으며, 1977년에 대폭적으로 개선되었다. 또한, 1989년에 미국 공병단 수문센터와 수로실험소(Waterway Experimental Station)는 공동으로 HEC-6모형의 새로운 개량판을 완성하여 시험하고 있는 것으로 알려져 있으며 FPS단위로 환산하여 입력시키고, 출력자료를 SI단위로 다시 환산해야 한다. 이 모형은 하천이나 얕은 저수지의 세굴 및 퇴적을 분석하기 위한 것으로서, 1차원 준부정류 모형이며 연속방정식과 에너지 방정식을 표준축차법으로 계산하고, 수리계산과 유사계산의 비조합(Uncoupled)모형이며, 저수지내의 유사퇴적량과 퇴적위치를 분석하며, 댐 하류 하천의 하상의 상승 및 저하분석, 하상의 장갑화 효과를 고려하고, 각 단면은 이동상과 고정상으로 구분되며, 하상의 상승 및 저하는 이동상 부분이 같은 높이로 변동된다고 가정한다. 또한 유사량계산은 Toffaleti 공식, Laursen 공식, Yang 공식, 실측유사량공식등 최대 12개까지 사용하며, 유량에 따른 하천 유동폭의 결정으로 유사퇴적 및 세굴의 측정방법의 자동으로 결정하고, 미립토사의 재부유허용, 화상출력 및 자료정리가 용이한 HEC-DSS/DISPLAY 파일을 제공하는 것과 같은 주요특징이 있다. 또한 HEC-6 모형은 하천단면의 수, 각 단면간의 거리, 지류의 위치 및 각 단면의 횡단좌표와 이동상 부분, 이동상 하상의 깊이, 준설량, 조도계수와 유사량자료, 하상도 입경분포, 유사의 특성을 포함한 상류단과 지류의 유입수문곡선, 하류단 경계조건, 수문등의 입력자료를 필요로 한다.

HEC-6모형은 일차원류의 연속방정식과 에너지 방정식을 HEC-2모형과 같이 표준축차법(Standard Step Method)으로 계산하여 각 단면의 수심, 하폭, 에너지경사 등 기본적인 수리량을 계산한다. 마찰손실은 Manning공식에 의하며, 단면의 급확대 또는 급축소에 의한 수두손실은 손실계수를 이용하여 계산한다. 그 다음 각 단면별로 유사량을 계산하고 이 값을 유사의 연속방정식에 다음 식(1)과 같이 유한차분 형태로 적용하여 하상의 변화량을 구한다.

$$\frac{-(Q_{SR} - Q_{SL})}{0.5(X_L - X_R)} + \frac{B(Z_{P'} - Z_P)}{\Delta} = 0 \quad (1)$$

$$Z_{P'} = Z_P + \frac{\Delta t}{0.5B} \frac{(Q_{SR} - Q_{SL})}{(X_L - X_R)} \quad (2)$$

여기서, Q_{SR} 은 (i+1)단면의 유사량, Q_{SL} 은 (i-1)단면의 유사량, Z_P 는 (n+1) Δt 시간의 i 단면의 이동상 하상의 두께, $Z_{P'}$ 는 n Δt 시간의 i단면의 이동상 하상의 두께, X_L 은 (i-1)단면과 i단면 사이의 거리 및 X_R 은 i단면과 (i+1)단면사이의 거리이다. 윗식에서 하상도의 공극률은 일반적으로 0.5로 가정하고 있으며, 유사량은 각 시간간격의 처음에 계산되고, 하상변화 계산시에는 재계산되지 않는다. 그러나 장갑 효과를 고려하기 위해서 하상도의 입경분포는 재 계산된다.

3. 유역의 개황 및 분석자료의 수집·검토

본 연구 대상 구조물이 위치한 태화강 하도의 유역 개황은 Fig. 1에서 나타낸 바와 같으며, 연구의 대상 구조물인 태화강 하구 방사보는 1986년부터 1987년까지 2년간에 걸쳐서 현대자동차(주)의 수출전용부두 토사유입방지와 해수의 역류방지, 공업용수 확보 및 골재채취 등을 목적으로 울산광역시 중구 명촌교 하류의 태화강 하류부에 Fig. 2 ~ Fig. 3에서 나타낸 바와 같이 총연장 600m, 폭 1m로 건설되어 있다. 그러나 이 방사보가 도시환경에 미치는 수변환경 보전측면과 치·이수측면에서 존치유무에 대한 많은 문제점을 가지고 있으므로 방사보가 미치는 수문학적 및 환경학적 요인을 조사 분석 할 필요가 있다. 또한 하상변동특성 분석에 필요한 조도계수 값은 Manning의 조도계수를 이용하였다. 모형의 적용을 위하여 실제 유량 자료와 현장 관측을 통하여 수면형 계산프로그램인 HEC-2모형을 이용한 조도계수 값을 검정한 후 하도의 홍수량에 따라 평균 조도계수를 적용하였으며 적용된 조도계수의 값은 0.025-0.045의 범위였다.

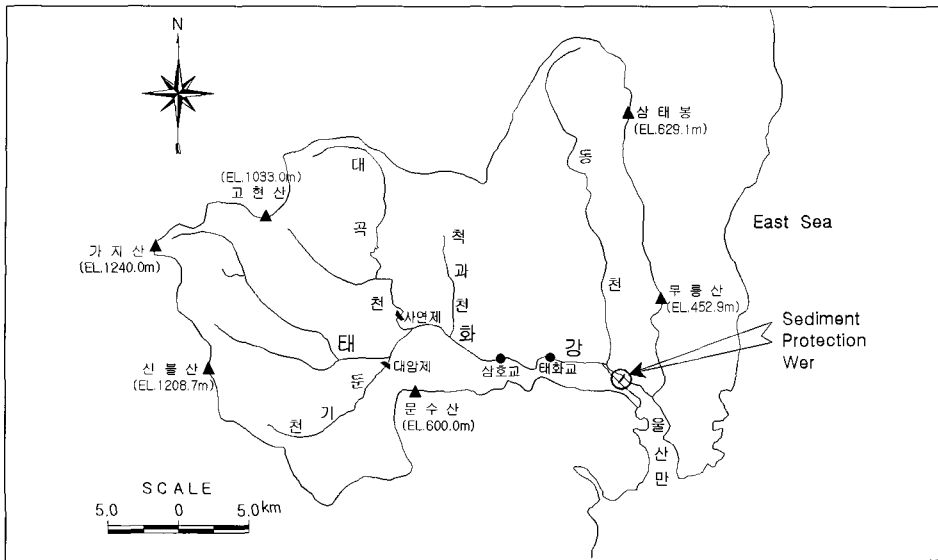


Fig. 1. Location Map of Study Area

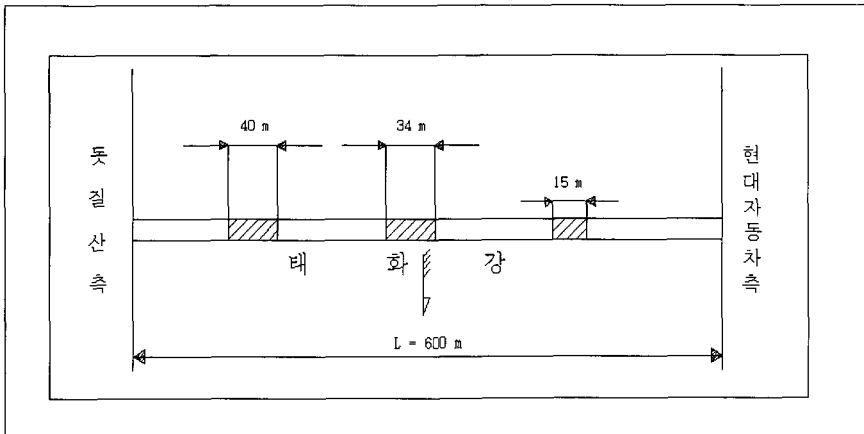


Fig. 2. Location Map of Sediment Protection Weir

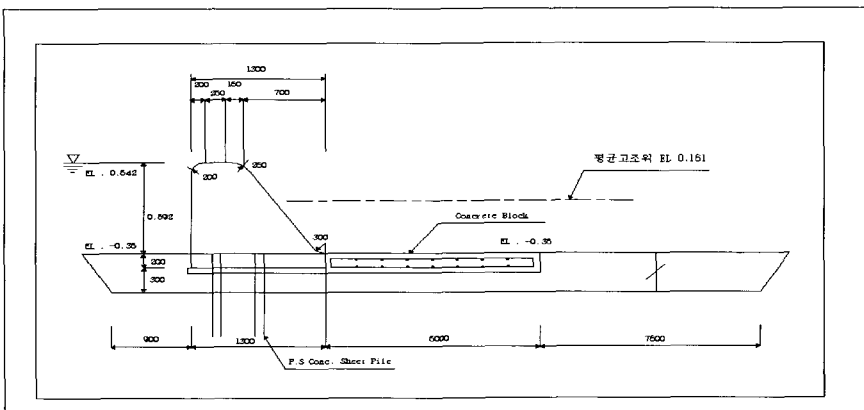


Fig. 3. Geometry and Size of Sediment Protection Weir

Table 1. Observed Data of Hydraulic Characteristics

	Date	Water Level(m)	Water Velocity (m/s)			Mean Velocity (m/s)	Discharge (m ³ /s)	Bridge Length(m)
Taehwa Gyo	99/ 8/31	3.00	1.25	1.05	0.60	0.97	523.15	440
	99/ 9/ 4	0.98	0.07	0.30	0.45	0.27	83.16	
	99/ 9/10	1.60	1.13	0.70	0.97	0.93	177.34	
	99/ 9/17	1.05	0.15	0.26	0.13	0.18	92.03	
Naehwang Gyo	99/ 8/31	1.60	1.45	1.26	0.73	1.15	185.18	260
	99/ 9/ 4	0.20	0.48	0.43	0.37	0.43	7.95	
	99/ 9/10	0.60	0.92	0.87	0.73	0.84	47.48	
	99/ 9/17	0.22	0.55	0.52	0.59	0.55	9.84	

Table 2. Results of Grain Size Analysis

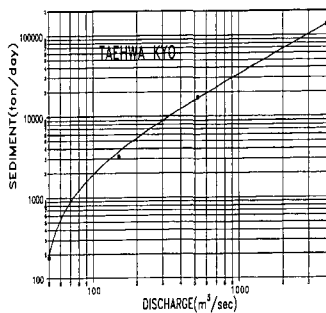
		D35	D50	D65	D90
Taehwa Gyo		0.67	1.03	1.84	5.92
Naehwang Gyo		0.61	0.73	1.11	3.84
Sediment Protection Weir	Upstream	0.34	0.52	0.62	1.71
	Downstream	0.19	0.33	0.47	1.08

* D35~D90 등은 통과백분율 35%~90% 등을 나타냄.

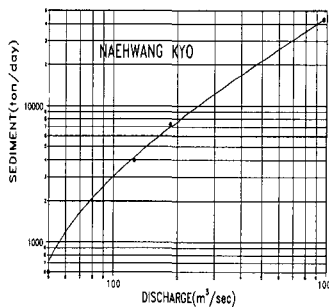
Table 3. Comparison of Sediment Inflow Amount by Each Equation(T=100 yrs)

(Units : tons/day)

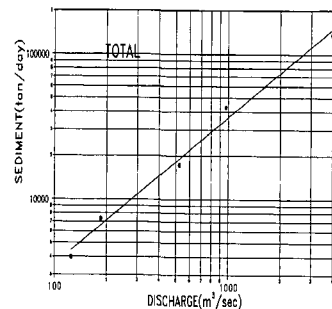
	Toffaletti	Acker	Yang
Taehwa Gyo	117,000	122,000	150,000
Naehwang Gyo	47,000	30,900	41,900



(a) Taehwa-gyo



(b) Naehwang-gyo



(c) Taehwa River Basin

Fig. 4. Discharge-Sediment in Study Basin

3.1 유사채취 및 부유사 농도분석

본 연구에서는 태화강 하구지점의 실측 유사유입량 분석을 위하여 태화강 분류하도에서 방사보 상류에 위치한 태화교지점과 지류인 동천 하구의 내황교 지점 및 방사보 상·하류지점에서의 호우 발생시(1999. 8. 29~9. 17일 까지 6회) 수리특성치와 입도분석을 Table 1 및 Table 2와 같이 실시하고, 부유사 채취를 위하여 점적분 부유사 채취기와 하상도 채취기를 사용하였다.

부유사 채취는 부유사의 농도분포와 입경분석을 위하여 수심적분 채취방법으로 각 측정선에 대하여 2회 실시하였으며, 부유사농도의 연직분포를 측정하기 위하여 각 측정선의 측정지점에서의 점적분 채취방법으로 부유사를 채취하였다.

또한, 하상도채취는 BM 54의 채취법에 준하였으며, 유량관측은 UC-2유속계를 이용하여 실시하였다. 채취된 부유사농도를 측정하는 방법은 증발법과 여과법이 있으나, 본 연구에서는 증발법에 의한 부유사농도를 분석하였다.

3.2 유입유사량 산정

본 연구에서는 하상변동에측에서 중요한 인자인 유입 유사량 산정을 위하여 Toffaletti공식, Acker공식, Yang공식을 이용하였으며, 그 결과 확률년 100년 홍수빈도에 대한 유입 유사량을 Table 3과 같이 분석하였다. Table 3에서 검토된 바와 같이 유사 유입량은 분류 하도상의 태화교를 기준으로 할 때 Yang공식에 의해 산정된 값이 일반적으로 크게 분석되었으며, Acker공식이 가장 작게 산정되었다. 그러나 장기간에 걸친 실측유사량 자료가 거의 없는 상황에서 가장 높게 산정된 것이 가장 정도가 높다고는 설명할 수 없으므로, 태화강유역에 가장 적합한 유사량 산정공식을 선정하기에는 난점이 많다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 점에 근거하여, 기존의 연구 결과를 참고로 비교적 중위치를 나타낸다고 볼 수 있는 Toffaletti공식에 의해 산정된 값을 방사보 존재 유무에 따른 토사이동예측을 위한 기초자료로 활용하였으며, HEC-6모형의 입력자료 구축을 위하여 분류 하도상의 태화교와 지류유입하도 하류부의 내황교 및 전체적인 태화강유역의 실제 관측한 유량과 유사량과의 관계를 도시한 결과 Fig. 4와 같다.

4. 하상변동 시뮬레이션

본 연구에서는 방사보 철거전후에 따른 하상변동 예측을 위하여 연구 대상유역에 대한 갈수·저수·평수 및 홍수시의 부유사 및 소류사의 측정을 통하여 월 및 년에 따른 총 유사량을 Toffaletti공식에 의해 분석 산정하고, 이를 기초로 하여 방사보의 철거전후에 따른 풍수량, 홍수량 및 계획홍수량 유하시 하상변동 특성을 HEC-6 모형을 이용하여 분석·검토하였다.

4.1 방사보 존재시 유량별 하상변동 및 유사이송능 검토

태화강 하도에서 유사의 이동을 방지하기 위하여 현재 설치된 방사보 상태에 대한 상·하류 하도 구간에서 각 단면의 하상변동과 유사이송 능력을 유량의 크기에 따라 분석 검토하였다. 본 연구에 이용된 유량은 풍수기(200m³/s)와 홍수기(800m³/s) 및 계획홍수량(3,970m³/s, 재현기간 100년 빈도)을 대상으로 분석하였고 이 때 이동상 분석에 대한 하상의 변동 깊이 및 유사이송능을 검토하였으며, 그 결과는 다음의 Fig. 5(a)~(b)와 같다.

4.1.1 하상변동 범위 검토

하도상의 유하 유량에 따른 하상 변동특성의 검토결과 Fig. 5(a)에서 나타난 바와 같이 풍수량, 홍수량 및 계획홍수량 조건일 경우의 하상 변동범위는 태화강 하천정비기본계획 당시의 분석지점기준인 No. 13~No. 56(삼호교하류~방사보상류, 11,530~20,130m) 하도구간에서는 풍수량과 홍수량 유하시 각각 -0.03~0.01m 및 -0.13~0.32m로서 거의 세굴과 퇴적이 진행되고 있지 않으나 계획홍수량 유하시에는 -0.31~0.42m로서 풍수량이나 홍수량 유하시보다 퇴적과 세굴이 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있었다. 또한, No. 57~No. 113(삼호교상류~최상류 0~11,330m) 하도구간에서는 풍수량 유하시 -0.95~1.76m, 홍수량유하시 -1.05~1.91m, 계획홍수량 유하시 -0.86~1.55m로서 퇴적과 세굴이 활발한 것으로 검토되었다. 또한 방사보 직하류부인 No. 0~No. 9(20,430~22,730m) 하도구간에서는 각각 0~0.07m, 0~0.85m 및 -0.01~0.45m로서 다른 하도구간에 비하여 세굴과 퇴적이 발생되고 있지 않은 것으로 나타났다.

4.1.2 유사이송능의 검토

하도상의 유하 유량에 따른 유사이송능은 최심 하상고와 하상변동폭 및 하폭에 따라서 달라지므로 본 연구 대상 하도구간의 유사이송능을 검토한 결과 Fig. 5(b)에서 나타낸 바와 같이 풍수량, 홍수량 및 계획홍수량 조건일 경우의 유사이송능은 풍수량 유하시에는 대체로 No. 57 지점(최상류에서 11,330m) 이하에서 급격히 감소하여 500 tons/day 이하로 되고 있으나 방사보 직상류부인 No. 11.12~No. 12(20,330~20,410m) 하도구간의 유사이송능은 약 2,200~16,500 tons/day으로 분석되었고 그 하류부인 No. 11.10 지점(최상류에서 20,430m) 이하의 하도상에서는 유사이송능이 급격히 감소하면서 하류로 갈수록 유사이송능은 거의 이루어지지 않고 있는 것으로 분석되었다. 또한, 홍수량 유하시에는 No. 58~No. 113(삼호교상류~최상류 0~11,330m) 하도구간에서 풍수량 조건과 비교할 때 약 2배 가까이 늘어났으며 No. 12~57(11,330~20,330m) 지점에서는 더욱 높은 증가를 나타내고 있다. 그리고 방사보 직상류부 약 1,280m 하도구간(상류로부터 20,330m)인 No. 11.12~No. 18(상류로부터 19,130~20,410m)까지의 유사이송능은 14,500~31,567 tons/day으로 분석되었고 방사보 하류부 하도상에서는 유사이송능이 급격히 감소하면서 최하류부(No.0) 지점에서 약 82tons/day로 분석되었다. 그리고 계획홍수량 유하시에는 No. 58~No. 113 하도구간에서 유량 800CMS와 비교할 때 약 4배 가까이 늘어났으며 No. 12~57 지점에서는 더욱 높은 증가를 나타내고

있다. 그리고 방사보 구간인 No. 11.12~No. 12 하도구간의 유사이송능은 약 500,000 tons/day으로 분석되었고 그 하류부인 No. 11.10 지점이하의 하도상에서는 유사이송능이 감소하면서 최하류부(No.0) 지점에서 약 230,000tons/day로 분석되었다.

4.2 방사보 철거시 유량별 하상변동 및 유사이송능

태화강에서 유사의 이동을 방지하기 위하여 현재 설치된 방사보를 철거할 경우 본류 하도구간에서 각 단면의 하상변동과 유사이송 능력을 유량의 크기에 따라 분석 검토하였다. 본 연구에 이용된 유량은 방사보 철거전의 유량조건과 마찬가지로 풍수기와 홍수기 및 계획홍수량을 대상으로 하여 이동상 분석에 대한 하상의 변동 깊이 및 유사이송능을 검토하였으며, 그 결과는 다음의 Fig. 6(a)~(b)와 같다.

4.2.1 하상변동 범위 검토

하도상의 유하 유량에 따른 하상 변동특성의 검토결과 Fig. 6(a)에서 나타낸 바와 같이 풍수량, 홍수량 및 계획홍수량 조건일 경우의 하상 변동범위는 방사보 철거전과 마찬가지로 태화강 하천정비기 본계획 당시의 분석지점기준인 No. 13~No. 56(삼호교하류~방사보상류, 11,530~20,130m) 하도구간에서는 풍수량과 홍수량 유하시 각각 -0.01~0.02m 및 -0.27~0.19m로서 거의 세굴과 퇴적이 진행되고 있지 않으나 계획홍수량 유하시에는 -0.71~0.38m로서 풍수량이나 홍수량 유하시보다 퇴적과 세굴이

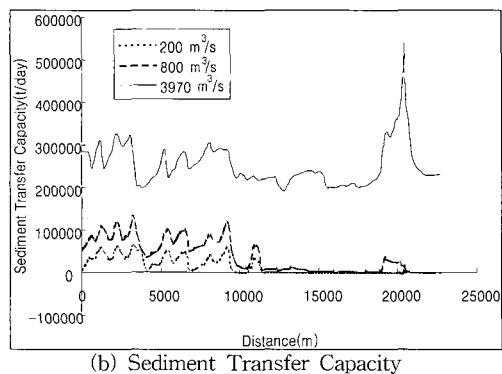
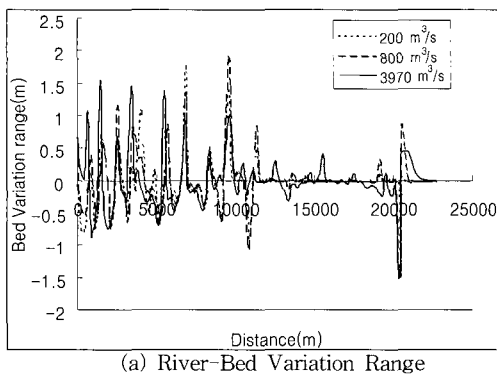


Fig. 5. Results of Bed Profile Variation According to Before Removal of the Sediment Protection Weir

활발하게 진행되고 있음을 알 수 있었다. 또한, No. 57~No. 113(삼호교상류~최상류 0~11,330m) 하도구간에서는 방사보 철거전과 마찬가지로 풍수량 유하시 -0.94~1.76m, 홍수량유하시 -1.05~1.91m, 계획홍수량 유하시 -0.86~1.55m로서 퇴적과 세굴이 활발한 것으로 검토되었다. 또한 방사보 직하류부인 No. 0~No. 9(20,430~22,730m) 하도구간에서는 풍수조건일 경우 하상변동이 없으나 홍수기와 계획홍수기인 경우 각각 0~0.25m 및 -0.01~0.52m로서 다른 하도구간에 비하여 세굴과 퇴적이 거의 발생되고 있지 않은 것으로 나타났다.

4.2 유사이송능의 검토

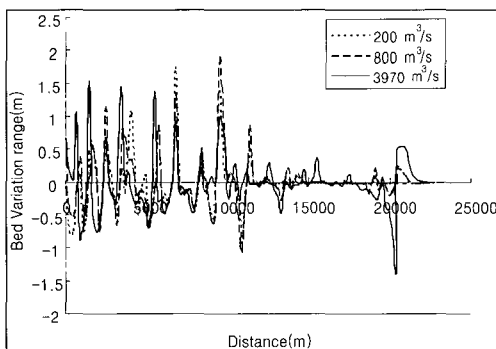
방사보 철거시 하도상의 유하 유량에 따른 유사이송능을 검토한 결과 Fig. 6(b)에서 나타난 바와 같이 풍수량, 홍수량 및 계획홍수량 조건일 경우의 유사이송능은 풍수량 유하시에는 대체로 No. 57 지점 이하(상류로부터 11,330m~방사보)에서 급격히 감소하여 1,000 tons/day 이하로 되고 있으나 방사보 직하류부인 No. 11.10 지점이하(20,430m~하구부)의 하도상에서는 유사이송은 거의 이루어지지 않고 있는 것으로 분석되었다. 또한, 홍수량 유하시에는 No. 58~No. 113 하도구간(0~11,330m)에서 풍수량 조건과 비교할 때 약 2배 가까이 증가하고 있으며, No. 12~57 지점(방사보 상류~삼호교 하류구간)에서는 유사이송이 급격히 증가되는 것으로 검토되었다. 그리고 방사보 직상류부 약 1,280m 하도구간(상류로부터 20,330m)인 No. 11.12~No. 18(상류로부터 19,130~20,410m)까지의 유사이송능

은 약 50,300~97,000 tons/day으로 분석되었고 그 하류부인 No. 11.10 지점이하의 하도상에서는 유사이송능이 급격히 감소하면서 최하류부(No.0) 지점에서 약 109tons/day로 분석되었다. 또한 계획홍수량 유하시에는 No. 58~No. 113 하도구간에서 유량 800CMS와 비교할 때 약 4배 가까이 늘어났으며 No. 12~57 지점에서는 더욱 높은 증가를 나타내고 있다. 그리고 방사보 구간인 No. 11.12~No. 12 하도구간의 유사이송능은 약 600,000 tons/day으로 분석되었고 그 하류부인 No. 11.10 지점이하의 하도상에서는 유사이송능이 감소하면서 최하류부(No.0) 지점에서 약 230,000tons/day로 분석되었다.

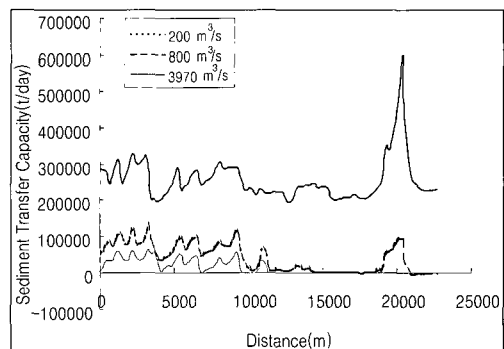
4.3 결과의 비교 및 고찰

본 연구에서는 태화강 하구부에 위치한 방사보의 영향에 따른 하상변동 예측을 위하여 풍수기 유량(200m³/s)과 홍수기 유량(800m³/s) 및 계획홍수량(3,970m³/s)을 대상으로 방사보의 철거 전·후에 따른 상·하류 하도구간에서 각 단면의 하상의 변동폭과 유사이송능을 비교·검토한 결과 Fig. 7~8과 같았다.

먼저, 각 하도지점의 하상변동폭은 Fig. 7에서 나타난 바와 같이 하구부에 설치된 방사보를 철거할 경우 삼호교지점(No. 57)상·하류 하도구간에서는 미소한 퇴적과 세굴이 발생하고 있으나 방사보 지점(No.11.120) 직상류 하도구간에서는 하상퇴적이 미소하게 진행되고 있는 것으로 검토되었으나 전체 하도구간을 검토할 때 방사보의 존재유무에 관계없이 거의 차이가 없는 것으로 검토되었다.

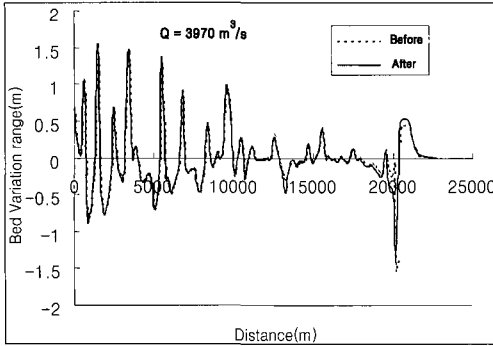


(a) River-Bed Variation Range

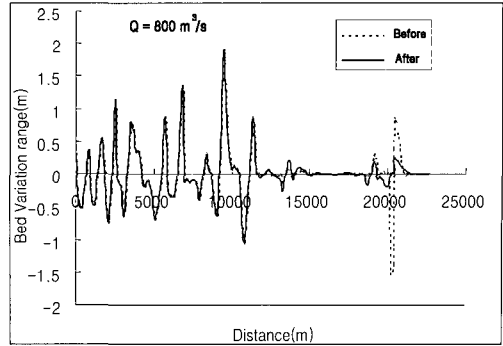


(b) Sediment Transfer Capacity

Fig. 6. Results of Bed Profile Variation According to After Removal of the Sediment Protection Weir

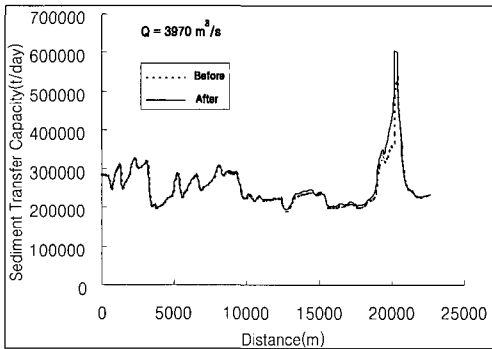


(a) $Q = 3,970\text{m}^3/\text{s}$

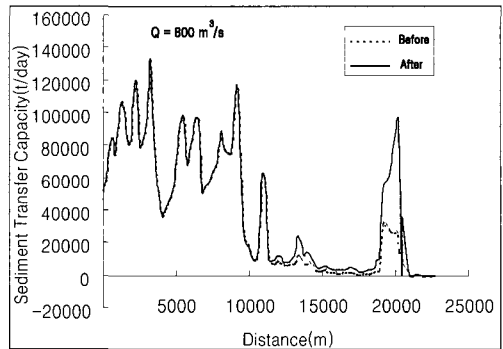


(b) $Q = 800\text{m}^3/\text{s}$

Fig. 7. Results of River-bed Variation for Each Flow Amount Condition Before & After Removal of the Sediment Protection Weir



(a) $Q = 3,970\text{m}^3/\text{s}$



(b) $Q = 800\text{m}^3/\text{s}$

Fig. 8. Results of Sediment Transfer Capacity Variation for Each Flow Amount Condition Before & After Removal of the Sediment Protection Weir

다음으로, 유사이송능을 분석한 결과 Fig. 8에서 나타난 바와 같이 방사보를 제거할 경우에 삼호교 지점 상류에서 방사보 상류 하도구간(No. 60~No. 11.120)으로 내려오면서 급격히 증가하고 있으나, 방사보 하류부 하도상에서의 유사이송능은 거의 이루어지지 않고 있는 것으로 검토되었다.

또한 하류부 하상의 침식과 퇴적이 큰 폭으로 반복되고 있는 것으로 검토되었다. 이러한 현상은 하상변동 범위 계산시에 각 단면의 최대 변화치를 나타낸 원인 이외에도, 태화강 중·상류부 하도가 비교적 잔자갈과 세사로 이루어져 있으며 하도 양안부에 침전에 의한 하상돌출부 등이 국지적으로 산재해 있고 대나무숲이 하천의 제외지에 대규모로

분포되어 있기 때문으로 판단된다.

따라서 본 연구에서 현재의 방사보 철거전후에 대한 하상변동과 유사이송능 및 누가퇴적량에 대한 분석결과로 볼 때 큰 변동이 없으며, 태화강 중하류부에서 다소 미소한 영향이 발생하고 있으나 최하류부에서는 거의 영향이 없는 것으로 분석되었다.

5. 결론

본 연구에서는 1차원 유한차분모형인 HEC-6 모형을 이용하여 태화강 본류하도 하구부에 위치한 방사보의 영향에 따른 하상변동특성을 분석 검토하기 위하여, 하도상의 유하수량 조건에 따른 방사보

철거전후의 유사이송능 및 유사이동량과 누가퇴적량 등을 추정한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 태화강 하도에 대한 유사유입량은 Yang공식에 의해 산정한 값이 일반적으로 크게 분석되었으며, Acker공식이 가장 작고 Toffaletti공식은 거의 중위치로 산정되었다.
- 2) 방사보 철거전후의 각 유량조건별 하상변동 예측결과, 방사보 하류부 하도구간과 방사보~삼호교 하도구간에서는 유량이 클수록 세굴과 퇴적이 활발히 진행되고 있고, 삼호교 상류 하도구간에서는 유량에 따른 변동폭은 있으나 홍수조건과 계획홍수조건에서는 큰 차이가 없는 것으로 분석되어 하도의 유하유량이 일정한도를 초과하면 하상변동폭은 거의 일정함을 알 수 있었다.
- 3) 방사보 철거 전후의 각 유량조건별 유사이송능을 분석한 결과, 하도의 계획 유량이 클수록 그리고 방사보를 철거할 경우의 유사이송능은 큰 것으로 검토되었으며, 계획홍수량이 유하할 경우 방사보 존치 및 철거시 태화강 하구부의 유사이동능은 각각 230,000ton/day 및 232,000 ton/day로 검토되어 유사이송능에 대한 방사보의 역할은 크게 없는 것으로 검토되었다.

따라서, 방사보 철거로 인한 토사유입량 감소 대책을 고려하여 태화강 하류부에서 유입되는 동천지류의 최하류부에 하천유지용수 확보와 태화강으로의 유사량 유입을 감소시키기 위하여 적절한 수리 구조물을 설치한다면 방사보 제거 후에도 태화강 최하류부의 유사량 퇴적을 감소시키는 좋은 방안이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 박정웅, 1984, 홍수시의 하상변동에 관한 연구, 박사학위논문, 한양대학교.
2. 박성덕, 1989, 홍수과의 영향을 고려한 하상변동 예측모형, 박사학위논문, 연세대학교.
3. 이남주, 1989, IALLUVIAL을 이용한 한강 하상변화의 예측, 석사학위논문, 서울대학교.

4. 이순탁, 1996, 낙동강 취수보 시설개체 수리모형실험보고서, 대구광역시 상수도사업본부, pp. 96-147.
5. 이순탁, 김성원, 1997, 인공수로에서 모형실험에 의한 개수로흐름의 수리특성해석 : I.공정상해석, 영남대학교 공업기술연구소 논문집, 제25권 제1호.
6. 한국건설기술연구원, 1991, 하상변동 예측 모형의 비교분석, 건기연 91-WR-112.
7. 한국수자원공사, 1996, 취수구 유사유입 저감기법개발연구(1차년도).
8. Chow. V.T., 1959, Open Channel Hydraulics. McGraw Hill.
9. Cunge, J.N. and Verdreau, N., 1973, Mobile Bed Fluvial Mathematic Models, La Houille Blanche, Vol.28, No.7, Grenoble, France.
10. Graf, W.H., 1977, Hydraulics of Sediment Transport, McGraw-Hill Book Co..
11. Simon, Li and associates, Inc., 1980, Scour and Sedimentation Analysis of the Proposed Channelization of the Salt River for Protecting the Sky Harbar International Airport in Pheonix, Arizona, prepared for Howard, Needles, Tammom and Bergendoff, Kansas City, Missouri.
12. Thomas, W.A., and Prasuhn, A.L., 1977, Mathematical Modeling of Scour and Deposition, J. of Hyd. Eng., ASCE, Vol. 103, No. HY8, Aug.
13. U.S. Hydrologic Engineering Center, 1981, Simulation of Gravel Mining Operations in Rivers and Streams using Computer Program HEC-6, Special Projects Memo No. 80-1.
14. U.S. Hydrologic Engineering Center, 1993, HEC-6, Scour and Deposition in Rivers and Reservoir, User's Manual.
15. Yang, C.T., 1973, Incipient Motion and Sediment Transport, J. of Hyd. Div., ASCE, Vol.99, HY10.