

수공구조물이 하천환경에 미치는 영향에 관한 연구(I) : 수리학적특성

안 승 섭 · 최 윤 영* · 이 수 식**
경일대학교 공과대학 도시정보지적공학과 · *경도대학 토목환경과
**울산과학대학 토목환경과
(2001년 8월 7일 접수; 2002년 3월 8일 채택)

A Study on Effects of Hydraulic Structure on River Environment(I) : Hydraulic Characteristics

Seung-Seop Ahn, Yun-Young Choi* and Soo-Sik Lee**
Dept. of Urban Information & Cadastral Engi., Kyungil University, Daegu 712-701, Korea
*Dept. of Civil & Environmental Engi., Kyongdo Provincial College, Kyungpook 757-800, Korea
**Dept. of Civil & Environmental Engi., Ulsan College, Ulsan 680-749, Korea
(Manuscript received 7 August, 2001; accepted 28 March, 2002)

In this study, water protection reservoir is selected as the target which is located at the estuary of Taehwa river to analyze and examine the effects of hydraulic structure on river environment. This study aims at the definition of factors which cause the change of ecological environment of river due to the effects of the sediment protection reservoir, and the proposal of the direction of environmental friendly river space development through the analysis and examination of stream variation conditions and riverbed variation characteristics among many effects of hydraulic structure on river environment before and after removal of the sediment protection reservoir when design flow is yielded.

Firstly, in case of removal the existing sediment protection reservoir, the hydraulic variation characteristics like depth drop due to removal of the sediment protection reservoir are thought of little because it is examined that depths drop with about 0.01m and 0.01~0.56m when low flow is yielded and design flood yielded, respectively.

Nextly, as the examination result of the variation characteristics of flow velocity in case of removal the existing sediment protection reservoir, it is thought that the concern about riverbed erosion is not serious according to the analyzed result as the mean velocity of the channel section where the velocity varies in case of removal the sediment protection reservoir is about 0.07~1.36m/s when low flow is yielded, and is about 1.02~2.41m/s when design flood is yielded despite riverbed erosion is concerned as it is examined that flow velocity is getting increase as about 0.01m/s when low flow is yielded and about 0.01~0.44m/s when design flood is yielded.

Lastly, from the prediction result of riverbed variation for each flow amount condition before and after removal the sediment protection reservoir, it is known that the variation range of riverbed is nearly constant when flow amount of the channel exceeds a specific limit as it is analyzed that the more flow amount, the more erosion and sediment in the channel section of down stream part of the sediment protection reservoir and the sediment protection reservoir~Samho-gyo, and the variation ranges according to flow amount between flood condition and design flood condition have little difference in the channel section of the upstream of Samho-gyo.

Key word: sediment protection reservoir, river environment, riverbed variation characteristics

1. 서 론

급속한 인구의 증가와 산업의 발달로 인하여 도시를 관류하거나 도시주변을 통과하는 하천은 주변의 토지이용도가 높고 생산시설을 포함한 집단 주거시설 등이 밀집하게 됨으로써 도시의 경제력 집

Corresponding Author : Seung-Seop Ahn, Dept. of U Information & Cadastral Engi., Kyungil Unvers Daegu 712-701, Korea
Phone : +82-53-850-7314
E-mail : ahnsso@bear.kyungil.ac.kr

중은 물론 도시민의 인명피해도 매우 밀접한 관련이 있으며, 도시민의 휴식공간으로서 매우 중요한 공간적인 기능을 발휘하고 있다. 특히 개발과 성장위주의 관점에서 도시의 균형있는 개발과 하천 주변의 원활한 용수공급을 위하여 하도 상에 교량이나 보(湫) 등과 같은 수공구조물을 시설하고 있는 실정이다. 따라서 친수환경을 고려한 조화로운 개발과 관리가 필요한 실정이다.

도시하천의 기능은 도시민의 휴식 및 정서함양의 기능과 도시계획상의 교량건설, 복개 및 고수부지를 이용한 도로, 주차장, 기타 목적의 토지이용 기능으로 나눌 수 있다. 특히, 하천에 구조물을 건설하여 토지이용도를 높이거나 하폭을 축소 또는 하천선형을 변경하여 도로로 이용하고자 하는 욕구는 각 도시마다 집중하고 있으므로, 도시의 급격한 팽창과 성장에 따른 도시하천의 치수관리와 이수관리에 병행하여, 자연생태계의 보존과 도시환경의 개선을 위한 하천환경의 회복과 보전 및 쾌적한 수변환경을 보호하기 위한 대비책 마련이 절실히 필요한 실정이다.

도시하천의 관리는 치수적인 측면에서는 홍수범람과 신속한 내수배제를 요하는 치수시설이 필요하며, 이수 및 환경적인 측면에서는 도시기능과 조화를 이루는 하천공간의 적정한 보전과 이용에 관한 기본적인 구상 즉, 하천공간을 포함하는 주변의 자연환경 및 사회환경을 조성하고 지역실정에 맞는 유익한 활용방안의 수립이 필요하다. 또한 경제적·경관적인 측면에서는 기존하천을 현실에 맞도록 재정비함으로써 도시 기능을 제고시킬 수 있는 합리적인 하천의 개발과 관리가 필요하다.

도시하천은 국지적인 집중호우로 인해 극심한 피해가 발생하며, 하도의 직강화(直江化)로 홍수도달 시간이 짧고, 많은 토사가 하류로 운반되어 퇴적됨으로서 둔치가 많이 발생한다는 특성이외에도 상수도 정비에 의한 취수량 증가, 도로포장을 증가에 따른 지하유입수량 감소와 하수도 정비에 의해 평상시의 수량이 감소하게 됨은 물론 하수도 정비가 미흡한 지역에서는 생활오수의 유입에 의해 수질이 악화되는 특성을 가지고 있다.

최근 이러한 도시하천의 특성으로 인하여 오염화·건천화가 심화되면서 친환경적 이용에 대한 사회적 관심이 고조되고 있고, 하천의 자족적인 생태 순환 과정이 이루어질 수 있고, 생명이 있는 하천으로의 복원에 대한 사회적 관심도가 높아지고 있는 실정이다.

수공구조물의 영향으로 인한 하천환경의 변화요인은 여러 가지가 있을 수 있으나 일반적으로 수리

학적 특성, 수문학적 특성 및 생태계 및 수질을 고려한 수환경적인 특성 등으로 구분할 수 있다. 먼저, 하도상의 수공구조물로 인한 수리학적 특성에 관한 연구는 Doeringsfeld & Barker¹⁾와 Anonymous²⁻⁴⁾에 의해 해석방법 및 실용화 방안이 제안되었으며, Kindsvater⁵⁾에 의해 제체형 웨어의 유량특성, Colson et. al.⁶⁾에 의해 구조물에 의한 배수현상, Kaatz & James⁷⁾에 의한 교량에 의한 배수해석, Fritz & Hager⁸⁾에 의한 웨어의 수리학적 특성 해석에 관한 연구 등이 진행된바 있으며, 국내에서는 대구광역시⁹⁾에 의한 낙동강 취수로 시설개체 수리모형실험 연구, 이삼희¹⁰⁾에 의한 디자인형 하천정비, 이순탁, 지흥기, 김성원¹¹⁾에 의한 인공수로에서 모형실험에 의한 개수로흐름의 수리특성해석에 관한 연구 및 안승섭, 최윤영¹²⁾에 의한 자연하도 하구부의 방사보에 의한 수리학적 특성에 관한 연구가 진행되고 있을 뿐이다.

다음으로 하도상의 수공구조물로 인한 하상변동에 관한 국내외의 연구활동을 살펴보면 1970년대 이후 컴퓨터 수치해석에 의한 하상변동에 관한 수학적 모형의 개발에 의하여 프랑스의 SOGREAH에서 Cunge and Verdreau¹³⁾에 의해 개발된 CHAR-series을 들 수 있으며, 미 육군 공병단의 HEC에서 Thomas and Prashn¹⁴⁾에 의해 개발한 HEC-6 모형^{15,16)}은 본격적인 하상변동 예측모형으로 널리 사용되고 있다. 그리고 Simon, Li and Associates¹⁷⁾는 기존의 1차원 하천 부등류 예측을 위한 HEC-2 모형에 유사이송 및 장갑화에 의한 하상변동을 고려한 HEC-2SR 모형을 개발하였다. 또한 국내의 경우 박정웅¹⁸⁾은 St. Venant식을 FDM으로 해석하고 유사량공식은 Schocklitsch 공식을 채택한 하상변동 예측모형을 개발하여, 홍수에 의한 한강 하류부의 단기적인 하상변동을 해석하였으며, 박상덕¹⁹⁾은 Preissmann의 4점 음해법을 이용하여 St. Venant방정식을 차분하고, 유사량공식은 Toffaleti공식으로 채택한 모형을 개발하여 한강 하류부 구간에 적용하여 하상변동을 모의하였으며, 이남주²⁰⁾는 미국 아이오와 대학의 IALLUVIAL 모형을 팔당댐~행주대교 구간에 적용한 바 있다. 그리고, 한국건설기술연구원의 유권규와 우호섭²¹⁾은 HEC-6 모형을 이용하여 시험하천 구간과 팔당댐, 충주댐, 대청댐에 적용하여 하상변동 예측을 비교 분석하여 하상변동에 관하여 이론적 및 실무적으로 한층 더 발전시킨 계기가 되었다.

따라서, 본 연구에서는 1986년부터 1987년까지 2년간에 걸쳐서 현대자동차(주)의 수출전용부두 토사 유입방지와 해수의 역류방지, 공업용수 확보 및 골

재채취 등을 목적으로 울산광역시 중구 명촌교 하류의 태화강 하류부에 총연장 600m, 폭 1m로 건설되어 있는 방사보를 대상으로 하여 수공구조물이 하천환경에 미치는 수리학적 및 수질의 변화특성을 분석·검토함으로써, 방사보의 영향으로 인한 하천의 생태환경 변화 요인을 규명하고, 친환경적인 하천공간개발의 방향을 제안하는데 목적을 두었다.

2. 수리학적 변화 특성 분석을 위한 기본이론

본 연구에서는 하도상에 설치된 수공구조물이 하도의 수리학적 특성에 미치는 영향을 검토하기 위하여, 방사보 존재 유무에 따른 수리학적 변화특성 중에서 하도단면의 수심·유속·홍수위 및 하상변동특성과 같은 수리특성에 대하여 분석하였다.

2.1. 유수의 유하 특성분석

수공구조물에 따른 하도의 홍수위 및 유하특성을 분석하기 위해서는 소유역별 홍수유출 분석결과를 기초로 한 기본홍수량을 실제하도에 재현시켜 각 하도구간별 통수능력의 검토 및 평가가 필요하다(Anonymous). 일반적으로 홍수소통상태와 통수능력을 평가하는 데는 표준축차계산법(Standard Step Method)을 사용하고 있으며, 수면형계산은 표준축차법에 기초를 둔 HEC-2모형을 선정하고 이로부터 하도의 통수능력을 분석·평가를 하고 있다.

이 모델은 자연하천의 점변류에 대한 수면형(Water Surface Profiles)을 계산하는데 활용되고 있다. 특히 이 모델은 하도상의 각종 시설물인 교량, 암거, 보 및 고수부지 등의 인공 또는 자연상태의 불규칙한 하도단면에서도 그 영향이 고려될 수 있으며, 상류(Subcritical Flow)와 사류(Supercritical Flow)에서도 분석이 가능하다.

특히, 본 연구에서 적용된 방사보는 수중 weir로서 잠수교 역할을 하게 되므로 교량에 의한 배수의 영향도 동시에 고려할 필요가 있으며, 교량구조물을

통과할 경우 배수의 해석방법은 정상교량법(normal bridge method), 특수교량법(special bridge method) 등이 있으나 본 연구에서는 저류유출(low flow), 압력 흐름(pressure flow), 웨어흐름(weir flow) 혹은 이들의 조합으로 이루어진 흐름 조건에 대하여 적용가능한 특수교량법을 적용할 수 있다. 웨어흐름(weir flow)은 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 교량과 교량에 근접한 도로상에서 유량이 교량위로 흐르기 시작하는 흐름으로 고려하여 식 (1)과 같은 표준 weir 공식을 사용하여 계산할 수 있다.

$$Q = CLH^{3/2} \quad (1)$$

여기서, C는 유량 계수이고, L은 흐름을 제어하는 weir의 유효길이이며, H는 에너지 경사선의 표고와 도로 정상부 표고차에 의한 전 수두차를 나타낸다.

2.2. 하상변동 특성분석

자연하도 하구부의 방사보의 영향에 따른 하상변동특성분석을 위하여 본 연구에서 사용된 HEC-6모형은 하천과 저수지에서 세굴과 퇴적을 계산하기 위하여 미공병단수문센터(U.S Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center)의 W.A. Thomas등에 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 SI 단위로 다시 환산해야 한다. 이 모형은 하천이나 얇은 저수지의 세굴 및 퇴적을 분석하기 위한 것으로서, 1차원 준부정류모형이며 연속방정식과 에너지방정식을 표준축차법으로 계산하고, 수리계산과 유사계산의 비조합(Uncoupled)모형이며, 저수지내의 유사퇴적량과 퇴적위치를 분석하며, 댐 하류하천의 하상상승 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, 실측유사량 공식 등 최대 12개까지 사용하며, 유량에 따른 하천 유동폭의 결정으로 유사퇴적 및 세굴의 측정방법의 자동으로 결정하고, 미립토사의 재부유허용, 화상출력 및 자료정리가 용이한 HEC-DSS /DISPLAY 과일을 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 유사량자

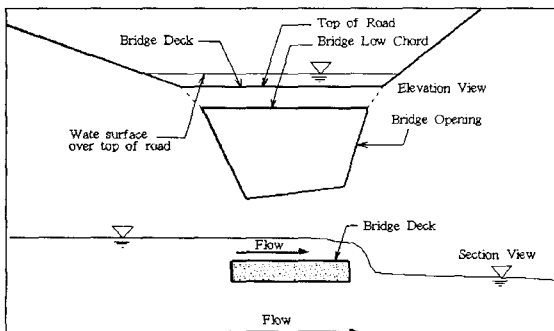


Fig. 1. Section View of Weir Flow Condition.

료, 하상토 입경분포, 유사의 특성을 포함한 상류단과 지류의 유입수문곡선, 하류단 경계조건, 수문 등의 입력자료를 필요로 한다.

HEC-6모형은 일차원 준부정류 모형로 하상변동 계산시 이동상 부분의 전체가 균일하게 상승 또는 저하하는 것으로 가정하므로, 사해의 진행이나 유사의 횡방향분포등은 고려할 수 없다. 또한 이 모형은 흐름이 급변하는데 적용하는 것은 적합하지 않다. 또한 거시적 하상변동만을 모의하는 것이 주목적이고, 구조물 주위와 만곡에 따른 국소적, 평면적 하상변화는 모의가 불가능하다. 부가적으로 계산실행 중에 임의의 인위구조물들의 설치에 따른 영향을 검토할 수 없으므로 인위구조물의 설정시에는 계산구간을 나눠줘야 할 필요성을 갖고 있다.

HEC-6모형은 일차원류의 연속방정식과 에너지방정식을 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(2)~(3)과 같이 유한차분 형태로 적용하여 하상의 변화량을 구한다.

$$\frac{-(Q_{SR} - Q_{SL})}{0.5(X_L - X_R)} + \frac{B(Z_P' - Z_P)}{\Delta t} = 0 \quad (2)$$

$$Z_P' = Z_P + \frac{\Delta t}{0.5B} \left(\frac{Q_{SR} - Q_{SL}}{X_L - X_R} \right) \quad (3)$$

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. 위 식에서 하상토의 공극률은 일반적으로 0.5로 가정하고 있으며, 유사량은 각 시간간격의 처음에 계산되고, 하상변화 계산시에는 재계산되지 않는다. 그러나 장갑 효과를 고려하기 위해서 하상토의 입경분포는 재 계산된다.

3. 수공구조물(방사보)에 의한 수리학적변화 특성 분석

3.1. 연구대상 방사보의 특성자료 수집·검토

본 연구의 대상 구조물인 태화강 하구 방사보는 Fig. 2~Fig. 3에서 나타난 바와 같이 1986년부터 1987년까지 2년간에 걸쳐서 총연장 600m, 폭 1m로

건설되어 있으며, 하도 중심부의 유심방향을 고려하여 1997년도에 2개소 49m를 제거한 후 1998년에 1개소를 추가하여 현재 3개소 89m를 제거하므로써 현재 551m가 존치되고 있는 실정이다. 그러나 이 방사보가 도시환경에 미치는 수변환경 보전측면과 치·이수측면에서 존치유무에 대한 많은 문제점을 가지고 있으므로 방사보가 미치는 수문학적 및 환경학적 요인을 조사분석 할 필요가 있다.

분석을 위한 하도의 단면특성 자료는 “태화강 하천정비 기본계획 보고서(1987, 건설교통부 & 1991, 경상남도)”를 기초로 하도 방사보 상류 200m부터 하구까지는 하도단면의 변화상태를 고려하여야 하므로 하도심천측량을 실시하여 그 결과를 이용하였으며, 도심부를 관류하는 구간인 동천합류점 직하류 200m부터 삼호교 구간까지 약 8Km구간은 하천개수 및 수변공간조성을 위한 계획이 수립되어 있으므로 “태화강 하천정비계획 검토 및 축립존치 여부에 대한 조사연구 보고서(1995, 태화 3지구 토지구획정리조합)”와 “태화강 환경조사 및 보전대책연구 보고서(1997, 울산광역시)”에서 실시한 하천 중·횡단정밀측량 결과를 분석에 이용하였다. 분석에 이용된 저수량(하구부 50m³/s, 상류 3.6km지점 37.5m³/s,

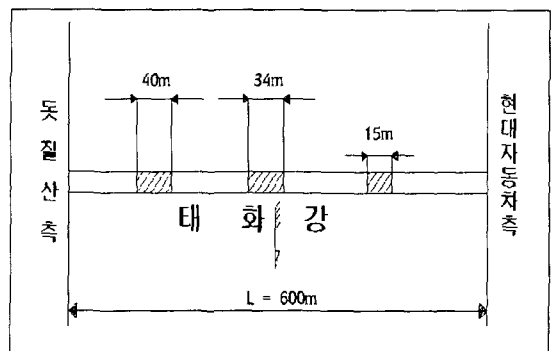


Fig. 2. Location Map of Sand Barrier.

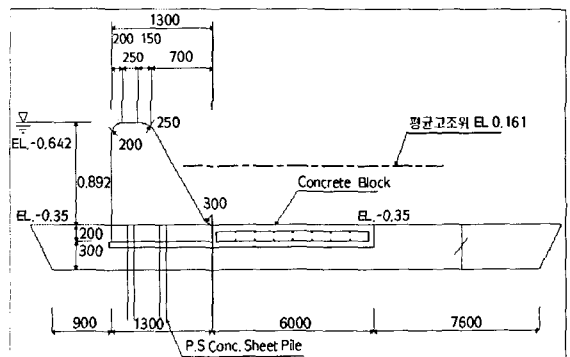


Fig. 3. Geometry and Size of Sand Barrier.

12.23km지점 12.5m³/s)과 계획홍수량(하구부 3,970m³/s), 상류 3.6km지점 3,000m³/s, 12.23km지점 2,530m³/s) 관련자료는 본 연구 대상 하도구간에 대한 기존의 연구결과를 참고하였다.

3.2. 방사보에 의한 수리학적 특성분석 검토

본 연구에서는 수공구조물에 의한 수리학적 특성 변화특성을 분석하기 위하여 현 상태의 방사보 철거전·후에 따른 유수의 유하특성(수심, 유속 및 홍수위특성)을 HEC-2모형을 이용하여 분석하였으며, 하상변동특성은 HEC-6모형을 이용하여 분석하였다.

3.2.1. 유수의 유하 특성분석

방사보 철거전·후의 태화강 하도에 대한 유수의 유하특성 분석을 위하여 하도상의 계획유량별 수심과 유속 및 홍수위 변화특성을 검토하였으며, 그 결과 Fig. 4~Fig.6과 같았다.

먼저, Fig. 4에서 검토된 바와 같이 방사보 철거시 저수량 유하시의 수심변화는 하구에서 약 2.3Km에 위치한 방사보로부터 약 9.00Km에 위치한 태화교 상류까지 약 1cm 정도로 수심이 얕아지는 것으로 검토되었다. 또한 계획홍수량 유하시의 방사보 철거시 수심변화는 방사보로부터 약 10Km에 위치한 태화강 상류까지 약 1~56cm 정도로 수심이 얕아지는 것으로 검토되었다.

다음으로, Fig. 5에서 검토된 바와 같이 방사보 철거시 저수량 유하시의 유속변화는 하구에서 약 2.4Km에 위치한 방사보 직상류로부터 약 11.9Km에 위치한 삼호교 직상류까지 약 1cm/s 정도(삼호교 지점은 2cm/s 빨라짐)로 유속이 빨라지는 것으로

검토되었다. 또한, 계획홍수량 유하시의 방사보 철거시 유속변화는 방사보로부터 삼호교까지 약 1~44cm/s 정도로 유속이 빨라지는 것으로 검토되었다.

마지막으로 Fig. 6에서 검토된 바와 같이 방사보 철거시 저수량 유하시의 저수위변화는 하구에서 약 2.3Km에 위치한 방사보로부터 약 9.00Km에 위치한 삼호교까지 약 1cm 정도로 저수위 낮아지는 것으로 검토되었다. 또한 계획홍수량 유하시의 방사보 철거시 계획홍수위 변화는 방사보로부터 약 10Km에 위치한 태화교 상류까지 약 1~56cm 정도로 수심이 얕아지는 것으로 검토되었다.

이상과 같이 방사보 철거 전·후에 대한 수심과 유속 및 홍수위의 변화특성분석 결과를 검토한 결과 수심과 홍수위에서는 큰 차이가 없는 것으로 분석·검토되었으나, 방사보 철거로 인해 태화강 하도의 유속이 빨라지므로 하상의 세굴 등이 우려되나 분석된 결과로 볼 때 방사보 철거시 유속변화 하도구간의 평균유속이 저수량 유하시에 약 0.07~1.36m/s, 계획홍수량 유하시에 약 1.02~2.41m/s로서 하상세굴에 관한 우려는 크지 않은 것으로 판단된다.

3.2.2. 하상변동 특성분석 검토

(1) 유입유수량 산정

본 연구에서는 태화강 하구지점의 실측 유입유수량 분석을 위하여 먼저, 태화강 본류하도에서 방사보 상류에 위치한 태화교지점과 지류인 동천 하구의 태화교 지점 및 방사보 상·하류지점에서의 1999년 8월 29일~9월 17일 까지 6회에 걸친 호우시에 대한 수리특성치와 입도분석을 실시하였으며, 부유사 채취를 위하여 점적분 부유사 채취기와 하상

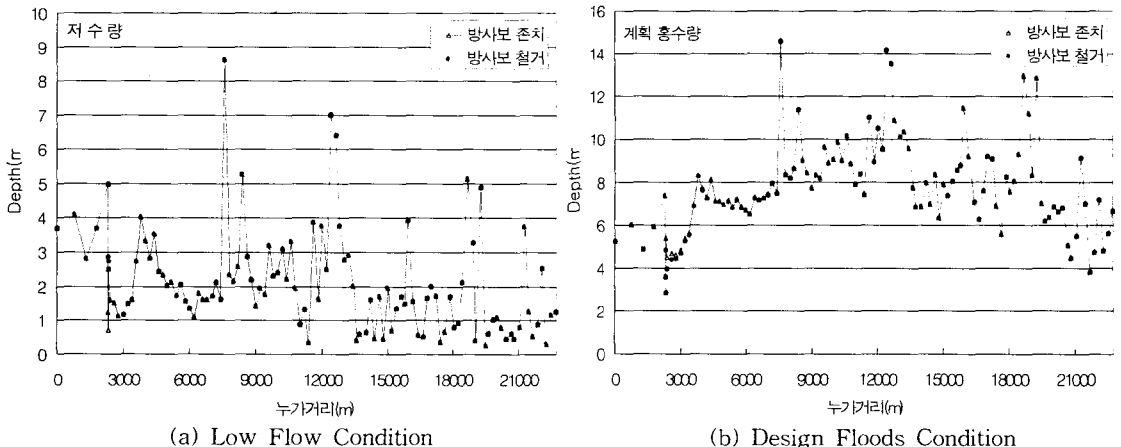
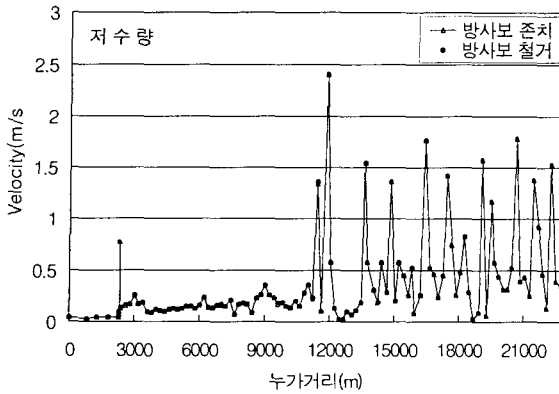
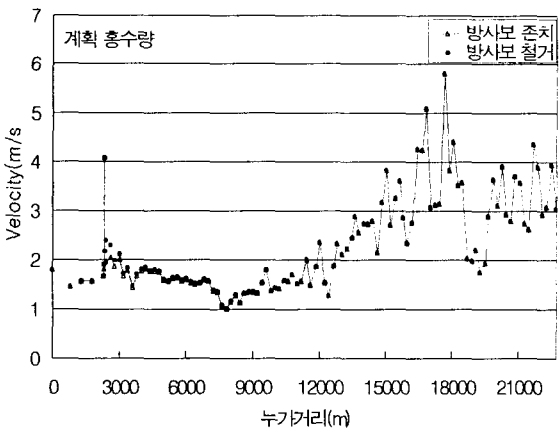


Fig. 4. Water Depth Variation Characteristics for Taehwa River Before & After Removal of the Sediment Protection Weir.



(a) Low Flow Condition

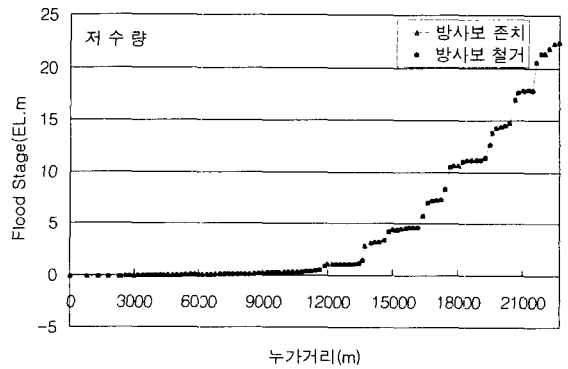


(b) Design Floods Condition

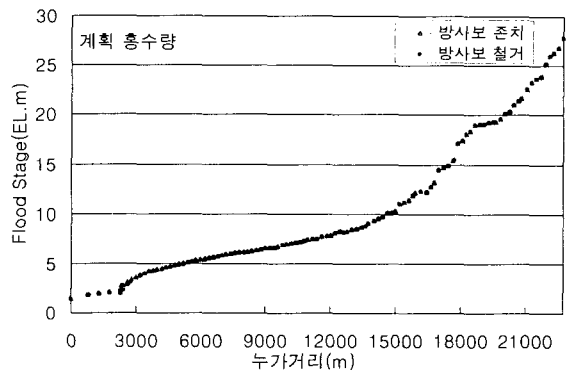
Fig. 5. Flow Velocity Variation Characteristics for Taehwa River Before & After Removal of the Sediment Protection Weir.

토 채취기를 사용하였다. 부유사 채취는 부유사의 농도분포와 입경분석을 위하여 수심적분 채취방법으로 각 측정선에 대하여 2회 실시하였으며, 부유사 농도의 연직분포를 측정하기 위하여 각 측정선의 측정지점에서의 점적분 채취방법으로 부유사를 채취하였으며, 하상토채취는 BM 54의 채취법에 준하였다. 채취된 부유사농도를 측정하는 방법은 증발법과 여과법이 있으나, 본 연구에서는 증발법에 의한 부유사농도를 분석하였다.

다음으로, 하상변동예측에서 중요한 인자인 유입 유수량 산정을 위하여 Toffaletti 공식, Acker 공식, Yang 공식 및 수정 Einstein 공식을 이용하였으며, 그 결과 확률년 100년 홍수빈도(태화교 2,650m³/s, 내황교 1,370m³/s)에 대한 유입 유수량을 Table 1과 같이 분석하였다. Table 1에서 검토된 바와 같이 유사 유입량은 본류 하도상의 태화교를 기준으로 할



(a) Low Flow Condition



(b) Design Floods Condition

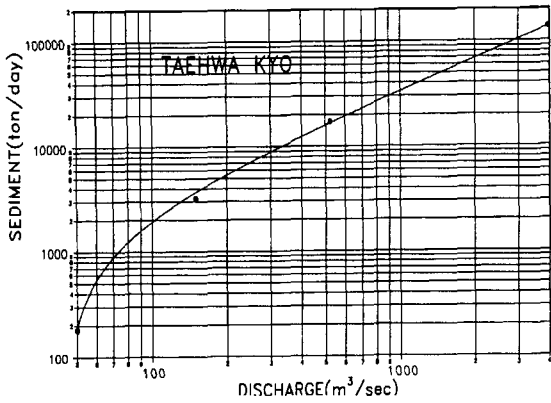
Fig. 6. Water Level Variation Characteristics for Taehwa River Before & After Removal of the Sediment Protection Weir.

때 Yang 공식에 의해 산정된 값이 일반적으로 크게 분석되었으며, Acker 공식이 가장 작게 산정되었다. 그러나 장기간에 걸친 실측유수량 자료가 거의 없는 상황에서 가장 높게 산정된 것이 가장 정도가 높다고는 설명할 수 없으므로, 태화강유역에 가장 적합한 유수량 산정공식을 선정하기에는 난점이 많다.

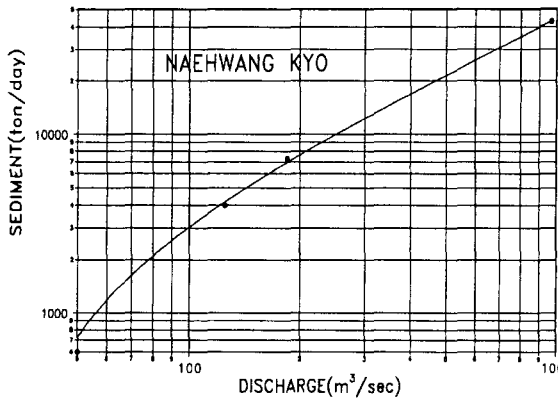
따라서, 본 연구에서는 이러한 점에 근거하여, 기존의 연구 결과를 참고로 비교적 중위치를 나타낸다고 볼 수 있는 수정 Einstein 공식에 의해 산정된

Table 1. Comparison of Sediment Inflow Amount by Each Equation(T=100 yrs)

	(Units : tons/day)			
	Toffaletti	Acker	Yang	Modified Einstein
Taehwa Gyo	117,000	122,000	150,000	118,300
Naehwang Gyo	47,000	30,900	41,900	43,500



(a) Taehwa-gyo



(b) Naehwang-gyo

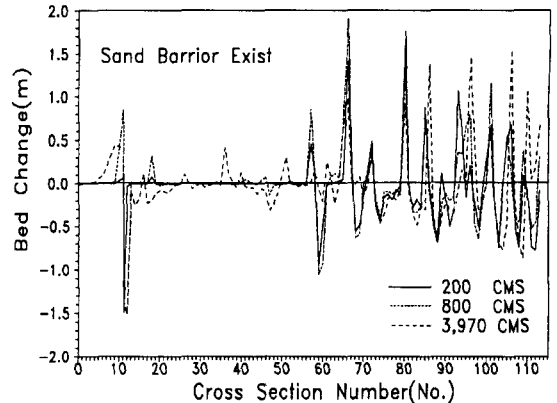
Fig. 7. Discharge-Sediment in Study Basin.

값을 방사보 존재 유무에 따른 토사이동예측을 위한 기초자료로 활용하였으며, HEC-6모형의 입력자료 구축을 위하여 본류 하도상의 대화교와 지류유입하도 하류부의 내황교 및 전체적인 대화강유역의 실제 관측한 유량과 유사량과의 관계를 도시한 결과 Fig. 7과 같다.

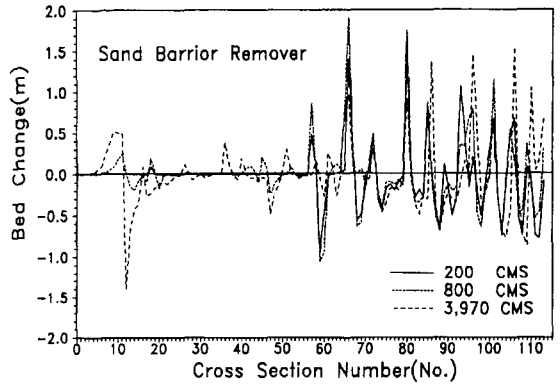
(2) 하상변동 특성분석

본 연구에서는 수공구조물에 의한 하상변동 특성을 분석하기 위하여 HEC-6모형을 이용하여 풍수기 유량(200m³/s)과 홍수기 유량(800m³/s) 및 계획홍수량(3,970m³/s)을 대상으로 방사보의 존재 유무에 따른 상·하류 하도구간에서 각 단면의 하상변동심을 검토한 결과 Fig. 8과 같았으며, 최심하상고와 하상변동폭을 비교·검토한 결과 다음과 같았다.

먼저, 각 하도지점의 최심 하상고는 하구부에 설치된 방사보를 제거할 경우 삼호교지점(No. 57)전후 하도구간과 방사보지점(No.11.120)에서 미소하게 낮아지고 있으나 전체 하도구간을 검토할 때 방사보



(a) Before Removal



(b) After Removal

Fig. 8. Results of River-bed variation for Each Flow Amount Condition Before & After Removal of the Sediment Protection Weir.

의 존재유무에 관계없이 거의 차이가 없는 것으로 검토되었다.

다음으로, 하상변동폭은 하구부에 설치된 방사보를 제거할 경우 삼호교지점(No. 57)상·하류 하도구간에서는 미소한 퇴적과 세굴이 발생하고 있으나 방사보지점(No.11.120) 직상류 하도구간에서는 하상 퇴적이 미소하게 진행되고 있는 것으로 검토되었으나 전체 하도구간을 검토할 때 방사보의 존재유무에 관계없이 거의 차이가 없는 것으로 검토되었다.

따라서 본 연구에서 현재의 방사보 철거전후에 대한 하상변동특성에 대한 분석결과로 볼 때 대화강 중하류부에서 다소 영향이 발생하고 있으나 최하류부에서는 거의 영향이 없는 것으로 분석되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 수공구조물이 하천환경에 미치는 영향을 분석·검토하기 위하여 대화강 하구부에 설

치된 방사보를 연구대상으로 하였다. 수공구조물이 하천환경에 미치는 영향을 여러 가지가 있을 수 있으나 본 연구에서는 계획유량 유하시 방사보 철거 전·후의 유속의 변동상태(수심, 유속 등)와 하상변동 특성을 분석·검토하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 방사보 철거·전후의 태화강 하도에 대한 수심과 수위의 변화특성을 검토한 결과 방사보 철거시 저수량 유하시의 수심변화는 하구에서 약 2.3Km에 위치한 방사보로부터 약 9.00 Km에 위치한 삼호교까지 약 0.01m 정도로 수심이 알아지는 것으로 검토되었으며, 계획홍수량 유하시의 방사보 철거시 수심변화는 방사보로부터 약 10Km에 위치한 태화교 상류까지 약 0.01~0.56m 정도(방사보 직상류지점 0.56m, 명촌교지점 0.14m, 울산교지점 0.03m, 태화교지점 0.02m)로 수심이 알아지는 것으로 검토되었다. 따라서, 저수량(50CMS) 유하시 방사보 철거전후의 수심 저하량은 방사보 직상류에서 삼호교까지 약 1cm 정도 밖에 되지 않는 것으로 분석되었기 때문에 방사보 철거로 인한 수심의 저하 등과 같은 수리학적 변화 특성은 미미하다고 판단된다.
- 2) 방사보 철거·전후의 태화강 하도에 대한 유속의 변화특성을 검토한 결과 방사보 철거시 저수량 유하시의 유속변화는 하구에서 약 2.4Km에 위치한 방사보 직상류로부터 삼호교 직상류까지 약 0.01m/s 정도(삼호교 지점은 0.02m/s 정도)로 유속이 빨라지는 것으로 검토되었으며, 계획홍수량 유하시의 방사보 철거시 유속변화는 방사보로부터 삼호교까지 약 0.01~0.44m/s 정도로 유속이 빨라지는 것으로 검토되었다. 따라서, 방사보 철거로 인해 태화강 하도의 유속이 빨라지므로 하상의 세굴 등이 우려되나 분석된 결과로 볼 때 방사보 철거시 유속변화 하도구간의 평균유속이 저수량 유하시에 약 0.07~1.36m/s, 계획홍수량 유하시에 약 1.02~2.41m/s로서 하상세굴에 관한 우려는 크지 않은 것으로 판단된다.
- 3) 태화강 하도에 대한 유사유입량은 Yang공식에 의해 산정한 값이 일반적으로 크게 분석되었으며, Acker공식이 가장 작고 수정 Einstein공식은 거의 평균치로 산정되었다.
- 4) 방사보 철거전후의 각 유량조건별 하상변동 예측결과, 방사보 하류부 하도구간과 방사보~삼호교 하도구간에서는 유량이 클수록 세굴과 퇴적이 활발히 진행되고 있고, 삼호교 상류 하

도구간에서는 유량에 따른 변동폭은 있으나 홍수조건과 계획홍수조건에서는 큰 차이가 없는 것으로 분석되어 하도의 유사유량이 일정한 한도를 초과하면 하상변동폭은 거의 일정함을 알 수 있었다.

따라서, 방사보 철거로 인한 토사유입량 감소대책을 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) Doeringsfeld, H.A. and Barker, C.L., 1941, Pressure-Momentum Theory Applied to the Broad-Crested Weir, Transactions of the American Society of Civil Engineers, 106, 934-946.
- 2) Anonymous, 1960, Hydraulics of Bridge Waterways, U.S. Bureau of Public Roads, Washington D.C.
- 3) Anonymous, 1964, Computation of Water Surface Profiles, Surface Water Techniques, Book 1, Chapter 1, U.S. Geological Survey, Washington.
- 4) Anonymous, 1979, HEC-2 Water Surface Profiles, U.S. Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- 5) Kindsvater, C.E., 1964, Discharge Characteristics of Embankment-Shaped Weirs, Geological Survey Water Supply Paper, 1617-A, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- 6) Colson, B.E., Ming, C.O., and Arcement, G.J., 1978, Backwater at Bridges and Densely Wooded Flood Plains, Bogue Chitto Near Johnston Station, Mississippi, Hydrol. Investigation Atlas 591, Dept. of the Interior, U.S. Geological Survey, Denver, Colo.
- 7) Kelly, J. K. and W. P. James, 1997, Analysis of Alternatives for Computing Back-water at Bridges, Journal of Hydraulic Engineering, 123(9), 784-792.
- 8) Fritz, M. H. and W. H. Hager, 1998, Hydraulics of Embankment Weirs, Journal of Hydraulic Engineering, 124(9), 963-971.
- 9) 대구광역시 상수도사업본부, 1996, 낙동강 취수보

- 시설개체 수리모형실험연구 보고서.
- 10) 이삼희, 1996, 일본의 디자인형 하천정비, 한국수자원학회지, 29(2), 44-49
 - 11) 이순탁, 지흥기, 김성원, 1997, 인공수로에서 모형실험에 의한 개수로흐름의 수리특성해석:II. 이동상 해석, 영남대학교 공업기술연구소 논문집, 25(2).
 - 12) 안승섭, 최윤영, 2001, 자연하도 하구부의 방사보에 의한 수리학적 특성에 관한 연구, 한국산업응용학회지, 4(1), 51-60.
 - 13) Cunge, J.N. and Verdreau, N., 1973, Mobile Bed Fluvial Mathematical Models, La Houille Blanche, Grenoble, France, 28(7).
 - 14) Thomas, W.A. and Prasuhn, A.L., 1977, Mathematical Modeling of Scour and Deposition, J. of Hyd. Eng., ASCE, 103(HY8).
 - 15) Hydrologic Engineering Center, 1981, Simulation of Gravel Mining Operations in Rivers and Streams using Computer Program HEC-6, Special Projects Memo No.80-1.
 - 16) Hydrologic Engineering Center, 1993, HEC-6, Scour and Deposition in Rivers and Reservoir User's Manual.
 - 17) Simo, Li and Associates, Inc., 1980, Scour and Sedimentation Analysis of the Proposed Channelization of the Salt River for Protecting the Sky Harbor International Airport in Pheonix, Arizona, Prepared for Howard, Needles, Tammom and Bergendoff, Kansas City, Missouri.
 - 18) 박정웅, 1984, 홍수시 하상변동에 관한 연구, 한양대학교 대학원, 박사학위논문.
 - 19) 박상덕, 1989, 홍수파의 영향을 고려한 하상변동 예측모형, 연세대학교 대학원, 박사학위논문.
 - 20) 이남주, 1989, IALLUVIAL 모형을 이용한 한강 하상변화의 예측, 서울대학교 대학원, 석사학위논문.
 - 21) 유권규, 우효섭, 1991, 하상변동 예측모형의 비교분석, 한국건설기술연구원, 건기연 91-WR-112.