

# 낙동강 본류하도 준설에 따른 지류하상 안정화 기법

## Tributary bed stability method by main channel dredge in Nakdong river

이준호\* · 추태호\*\* · 지홍기\*\*\*

Lee, Jun Ho · Choo, Tai Ho · Jee, Hong Ki

### 요 지

본 연구는 낙동강 본류의 하도준설로 인하여 본류에 유입하는 지류하천의 하상고와 본류와의 하상고간의 높이차가 크게 발생됨에 따른 지류하상 안정화 기법을 금호강을 대상으로 검토하였다.

지류하천의 하상고와 본류와의 높이차가 크게 발생됨에 의해 하천을 직강화하여 침수로 만들게 되고 하상 경사는 커지게 된다. 이 경우 유량과 하상 재료의 변화는 없으므로 Lane 식에서 우변 하상 경사의 증가는 좌변의 증가를 가져오며 따라서 유사량의 증가를 가져온다. 즉 하천이 급해지면서 유사량이 증가한다. 이에 따라 직강 구간에서 하상의 세굴을 가져오게 된다. 실제로, 하천 개수 사업에서 직강화는 하상의 세굴과 저하보다는 통상 하폭의 확대를 가져온다.

지류 입장에서는 본류 수면이 일종의 기준면이 되므로 기준면의 저하를 의미하며, 이는 지류 에너지 경사의 증가를 의미한다. 이 경우 Lane 관계식에서 하상 경사의 증가는 좌변의 증가를 가져오며, 하상 재료가 일정한 상태에서 이는 유사량의 증가를 가져온다. 즉 지류의 하상 경사와 유사량 증가는 하상의 침식을 의미하며, 이러한 침식은 상류로 진행된다. 이를 두부 침식이라 한다.

따라서 본 연구에서는 낙동강 본류하도 준설에 따른 지류하상의 하상변동과 지류유입 토사량에 대해서 검토하겠다.

**핵심용어 : HEC-6, HEC-RAS, 유사량, 하상변동**

### 1. 서론

하천의 환경변화는 자연적인 원인과 인위적인 원인으로 구분할 수 있다. 전자의 원인은 홍수 또는 호우사상에 의하여 발생하는 하천의 침식 및 퇴적 등이며 후자의 원인은 댐 건설, 골재채취, 하천 시설물의 축조 등이다. 이와 같은 물리적인 하천환경변화는 유수의 흐름을 변하게 하여 결국에는 하천환경 변화를 가져온다. 다양한 요인에 의한 하상변동은 하천의 평형상태가 파괴되고 하천의 평형상태를 유지하려는 침식 및 퇴적작용 과정을 겪으며 하상은 장기간에 걸쳐 발생하게 된다. 이러한 하상변동은 안정하도의 설계나 유역관리, 수해지 등을 위하여 고려해야할 중요한 요인 중의 하나이다.

하천은 여러 하천의 연결망으로 구성되어 있으며, 연결부는 절점으로 이루어져 있고, 이 절점은 하천이 합류하는 곳으로서 하천의 시스템을 구성하는 가장 중요한 요소이다. 하천의 합류부에서는 흐름특성이 매우

\* 정회원 · 영남대학교 대학원 석사과정 · E-mail : [asOrometotti@naver.com](mailto:asOrometotti@naver.com)

\*\* 정회원 · 부산대학교 토목공학과 교수 · E-mail : [thchoo@busan.ac.kr](mailto:thchoo@busan.ac.kr)

\*\*\* 정회원 · 영남대학교 건설시스템공학과 교수 · E-mail : [hkjee@yu.ac.kr](mailto:hkjee@yu.ac.kr)

복잡하고 유사로 인한 사주형성과 식생의 고착화로 인하여 홍수소통 등에 많은 영향을 줄 뿐만 아니라, 통수능 확보를 위하여 무분별한 사주 및 식생을 제거하고 있다.

본 연구는 낙동강 본류의 하도준설로 인하여 본류에 유입하는 지류하천의 하상고와 본류와의 하상고간의 높이차가 크게 발생됨에 따른 지류하상 안정화 기법을 검토하였다.

## 2. 장래 하상변동 예측 및 평형하상경사 검토

평형하상이란 오랜 세월 하상이 변화하여 유사와 유입과 퇴적이 평형을 이루어 하상의 변동이 없는 안정 상태에 이른 하상으로서 최근 수십년간 하천제방의 축조나 저수로 정비 등 인위적인 변동사항이 없었다면 현 상태의 하상을 평형하상으로 가정할 수 있을 것이다.

하천에서의 하상변동은 홍수의 소통능력 및 호안, 교량, 낙차공 및 기타 하천시설물의 안정에 중요한 영향을 미치므로 이러한 영향을 최소화하기 위해 현재의 유역과 하천상태에서 장·단기적으로 예상되는 하상변동의 방향과 범위를 예측하여 필요시 적절한 대응방안을 마련할 필요가 있다. 따라서 금호강에 대해 장래 하상변동 상태를 예측하고 안정하상을 유지하기 위한 대책을 마련하기 위하여 범용모형을 이용하여 평형하상경사 및 장래 하상변동을 예측하였다. 평형하상 예측모형은 유사의 이송이 없다고 보는 정적 평형하상 개념과 유사의 이송을 고려하는 동적 평형하상 개념으로 대별되며, 금회 검토에서는 동적 모형인 HEC-6 모형의 Window버전이 탑재된 HEC-RAS Ver4.0을 이용하여 장래 하상변동을 예측하고 평형하상경사를 산정하였다.

### 2.1 HEC-6 모형의 기본개념

HEC-6는 William A. Thomas가 미 공병단에서 1973년 처음으로 개발한 하상변동 모의 모형 중 하나로 1차원의 St. Venant 방정식을 지배방정식으로 하며 그 내용은 다음과 같다.

$$\frac{dQ}{dx} = q_i \quad (1)$$

$$\left[ y + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \right]_{i-1} = \left[ y + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \right]_i + H_L \quad (2)$$

$$\frac{\partial G}{\partial x} + B \frac{\partial Y}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

여기서  $Q$ 는 유량( $m/s$ ),  $q_i$ 는 단위폭당 측방유량( $m/s$ ),  $y$ 는 유량( $m/s$ ),  $\alpha$ 는 에너지 보정계수,  $A$  단면적,  $H_L$ 는 앞 단면과의 손실수두,  $G$ 는 일정 시간간격 동안의 평균유사량,  $B$ 는 이동상 하폭,  $Y$ 는 유사와 깊이이다.

HEC-6 모형은 먼저 고정상을 가정하고 수면고를 계산한다. 고정상 모형에서는 표준측차법에 의한 부등류 계산을 통해 수면고를 결정하며, 이를 통해 하천단면의 이상 유무 및 조도계수의 적합성 등을 확인하게 된다. 고정상 모형에 대한 검토가 완료되면 이동상 모형을 통해 하상변동을 계산한다. 이동상 모형은 하상재료, 유입 유사량 등의 자료를 필요로 하며, 모의결과가 실측 하상고(측량성과)를 잘 재현할 때까지 반복계산한다. 고정상과 이동상 모형의 보정이 완료되면, 구축된 모형을 이용하여 장래의 하상변동을 예측하게 된다.

### 2.2 평형하상경사 검토

평형하상경사는 하천이 오랜 세월동안 하상변동을 거쳐 안정된 하상을 이루게 된 후의 하상고, 즉 평형하상고의 경사를 말하는 것으로서 HEC-6와 같은 동적 해석모형으로 산정하는 것이 바람직하나, Aki Koich 공식과 같은 1차원 정적 해석모형을 이용하여 평형하상고 및 평형하상경사를 산출하기도 한다. 이 중 최근

많이 이용되고 있는 HEC-6 모형이 탑재된 HEC-RAS Ver4.0의 분석에 의한 결과를 평형하상고 및 평형 하상경사로 채택한다.

한편, Aki Koich 공식은 전체 하천 중에서 평형상태에 있는 한 지점만을 기준점으로 하여 평형상태를 계산하게 되어 있어 상하류에 위치하는 또 다른 평형상태의 지점을 고려할 수 없다는 단점을 지니고 있다.

$$X = a - b \log \lambda \cdot dm \quad (4)$$

$$I = I_0 \cdot 10^{5(\chi_0 - \chi)/3.5b} \cdot \frac{3.45}{3.5} \cdot \frac{1}{b} \cdot H_0 \cdot 10^{1.5(\chi - \chi_0)/3.5b} \quad (5)$$

여기서  $X$ 는 어느 기준점에서 흐르는 방향의 거리(km),  $dm$ 은 평균입경 ( $\sum_{i=1}^n d \cdot \frac{\Delta P}{100}$ ),  $\lambda$ 는 혼합비  $(100 - P_m)/P_m$ ,  $P_m$ 은 평균입경에 해당하는 통과중량 백분율(%),  $I$ 는 어느 지점의 하상평형경사,  $I_0$ 는 기준점에서의 평균경사,  $H_0$ 는 기준점에서의 수심(m),  $\chi_0$ 는 기준점에서의 거리(m)이다.

### 3. 기초자료 입력

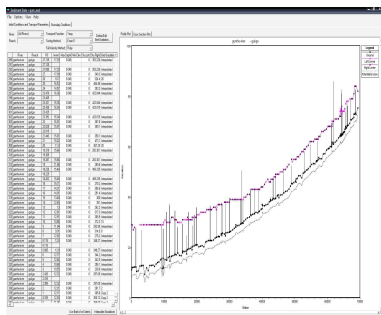


그림 1 하천의 이동상 부분 범위를 설정(종단)

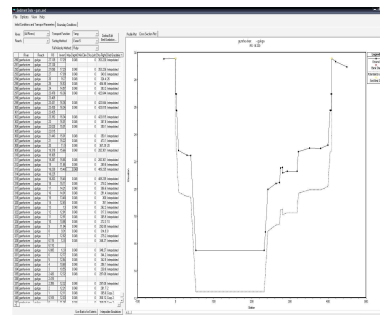


그림 2 하천의 이동상 부분 범위를 설정(횡단)

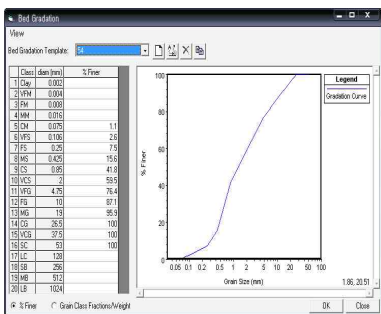


그림 3 시료체취 지점의 입도분석 결과 입력화면

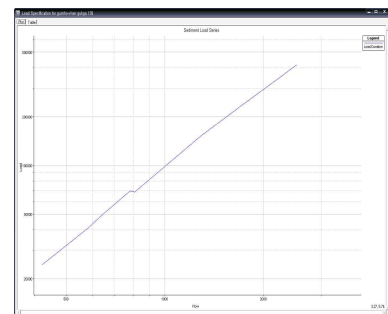


그림 4 입경별 유사량 분포 입력화면

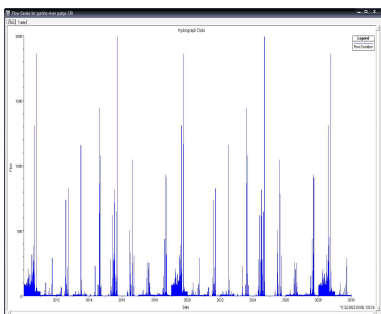


그림 5 유량자료 입력화면

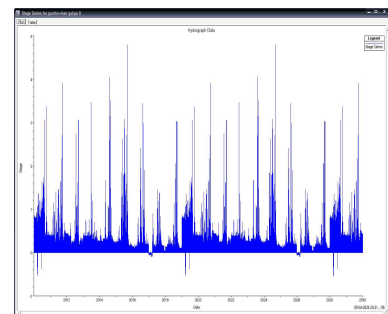


그림 6 수위자료 입력화면

### 3.1 유사량 산정공식 비교

본 연구에서는 Engelund & Hansen, Ackers & White, Yang, Shen & Hung, Ranga Raju 등의 공식을 사용하여 금호강유역의 동촌수위표 지점에 대해 총유사량을 산정하였으며, 그 결과를 수정아인슈타인 방법에 의한 총 유사량과 비교하였다. 각 공식별 유량-유사량 곡선은 그림 7에 도시하였다. 대부분의 유량 조건에 대해 Yang(1979) 공식이 실측치에 가장 유사한 것으로 나타났다.

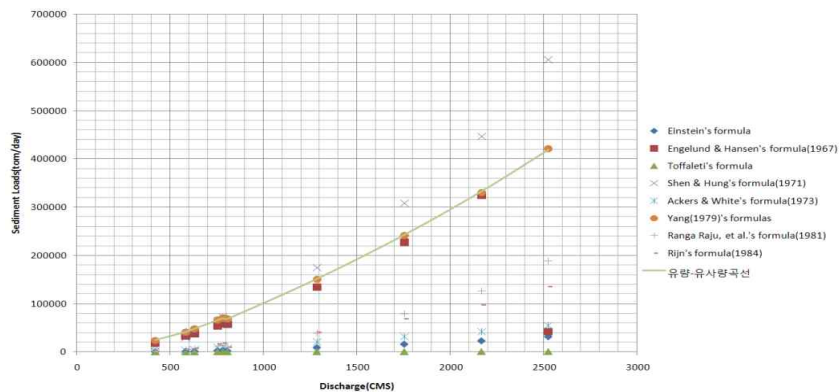


그림 7 공식별 유량-유사량곡선 비교

### 3.2 빈도별 기점홍수위 및 빈도별 홍수량

표 1 빈도별 기점홍수위

하천	측점(No.)	기점홍수위(EL. m)					비고
		50년	80년	100년	150년	200년	
금호강	No. 0	22.36	22.99	23.54	23.78	24.48	

표 2 빈도별 홍수량

측점(No.)	누가거리(m)	빈도별 홍수량(m <sup>3</sup> /s)				
		50년	80년	100년	150년	200년
0	0	4470	4890	5270	5410	5960

### 4. 최심하상고 및 유속 변화

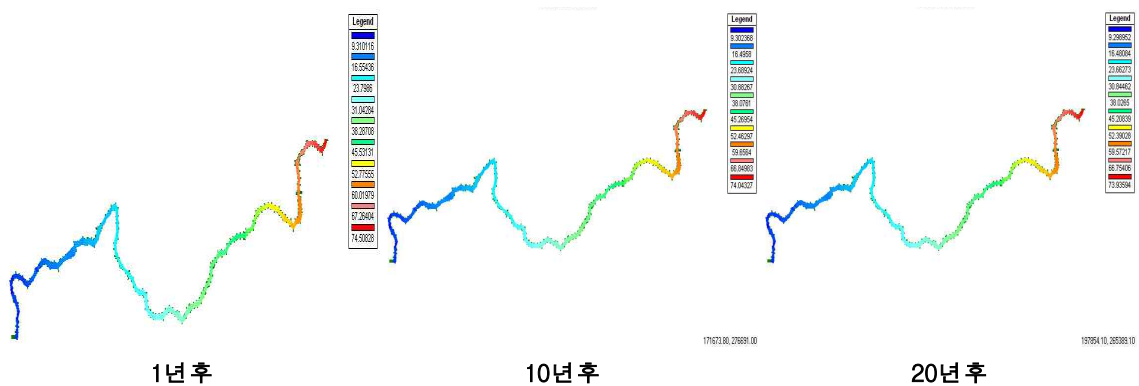


그림 8 최심하상고 변화

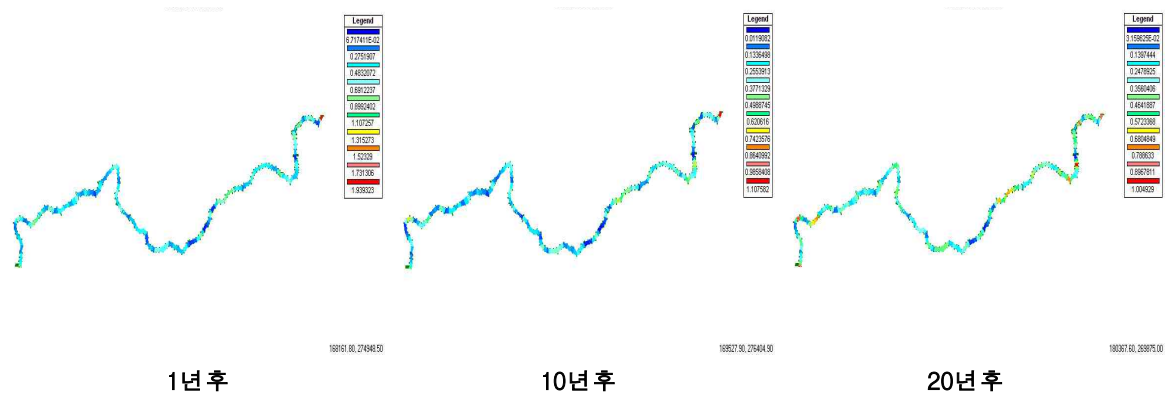


그림 9 유속 변화

## 5. 결과

지류하천의 하상고와 본류와의 높이차가 크게 발생됨에 의해 하천을 직강화하여 침수로 만들게 되고 하상 경사는 커지게 된다. 이 경우 유량과 하상 재료의 변화는 없으므로 Lane 식에서 우변 하상 경사의 증가는 좌변의 증가를 가져오며 따라서 유사량의 증가를 가져온다. 즉 하천이 급해지면서 유사량이 증가한다. 이에 따라 직강 구간에서 하상의 세굴을 가져오게 된다. 실제로, 하천 개수 사업에서 직강화는 하상의 세굴과 저하보다는 통상 하폭의 확대를 가져온다.

본 연구에서는 1차원 모형인 HEC-6를 이용하여 낙동강 본류하도 준설에 따른 지류하상 안정화를 위해 금호강유역의 낙동강합류부 하상변동과 지형학적 분석을 실시하였으며 그 결론은 다음과 같다.

낙동강 본류하도의 준설에 의해서 낙동강 지류, 합류부가 1년 후의 하상이 1.75m 만큼 침식이 일어나는 것으로 나타났으며 5년 후에는 3.03m 만큼 침식되는 것으로 나타났다. 이 후 10년, 20년에는 평형하상을 이루는 것으로 나타났다. 따라서 10년 후의 하상변동을 평형하상으로 채택한다.

금회 장래하상변동 예측은 하천계획시 참고할 수 있도록 장래 예측치중 10년 후 모의 예측치를 평형하상고로 잠정 설정하였으며, 향후 유량측정과 병행한 유사량 자료 축적 및 주기적인 하상변동 조사 등을 통하여 재검토 되어야 할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 환경부에서 위탁시행한 수생태복원사업의 과제인 저수/고수호안 창출공법 개발의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## 참고 문헌

1. 건설교통부(1997), 금호강 하천정비기본계획(보완).
2. 우효섭 (2001). 하천수리학, chap. 7.4, pp. 343-346 청문각.
3. HEC(1995). HEC-6 Scour and Deposition in River and Reservoirs User's Manual, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
4. Ackers, P. and White, W.R.(1973). Sediment transport: New approach and analysis. J. Hyd. Div. ASCE, 99, no. HY11: pp. 2041-2060.
5. Yang, C.T.(1979). Unit Stream Power Equation for Total Load. J. Hyd. Div. ASCE, vol. 40: pp. 123-138.