

# 하천 협소부에서 하상 이동성과 형태와의 상관성에 관한 하도수리학적 평가

## Hydraulic Assessment about Correlation of Fluvial Movement and River Bed Form on the Narrow Pass of Channel

최 호 균\* / 김 원 일\*\* / 이 삼 희\*\*\* / 안 원 식\*\*\*\*

Choi, Ho Kyun / Kim, Won Il / Lee, Sam Hee / Ahn, Won Sik

### Abstract

Each river in each country has peculiar channel characteristics at every section. Korea consists of mountains at the rate of 70%. Due to this, the sections that display unique channel form are scattered. One of the typical features is the narrow pass of channel section that presents in the process of the generation of alluvial channel and deformation channel. Around as this narrow pass of channel, it often comes to be regular flood disaster section. Regardless of this situation, investigations and plans that reflect channel characteristics at the narrow pass of channel have been wholly wanting until now. In accordance with this, we have investigated and analysed hydraulic significance and channel form of the narrow pass of channel in Seonsan in this study. The study has found real minute classification of sediment phenomenon at river bed of low flow channel on investigation section which is sand-bed river, but it was vaguely difficult to conclude that classification of sediment arises from explicit natural force. We were able to assume that the phenomenon comes from gentle bed slope, supply of river bed materials which is nearly uniformity. However, classification of sediment would come from collecting an aggregate rather than natural force. And we found that compound cross section conversion has been developing dramatically with channel form of movable bed section referring to movement which was active before at drainage district of the narrow pass of channel. With this, we could find the phenomenon that river width of low flow channel diminished largely. This kind of situation implies that it may cause compound section weighting, flood dimension decreasing, revetment at low flow channel or the local scour at bottom of levee when extraordinary flood occurs.

**keywords** : the narrow of channel, classification of sediment, channel characteristics, channel form, Nakdong river, Seonsan, sand-bed river

\* (주)서영엔지니어링 수자원팀 대리  
Seoyeong Engineering Co., Ltd., 14-4, Gaepo-Dong, Gangnam-Gu, Seoul 135-240, Korea

\*\* 교신저자, 수원대학교 하천환경기술연구소 책임연구원, 공학박사  
Corresponding Author, Ph.D River Environment Technology of Suwon University  
(e-mail: wikim@suwon.ac.kr)

\*\*\* 한국건설기술연구원 하천해안연구실 책임연구원, 공학박사  
Research Fellow, Korea Institute of Construction Technology, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, Korea

\*\*\*\* 수원대학교 공과대학 토목공학과 교수/하천환경기술연구소 소장, 공학박사  
Professor, Dept. of Civil Engineering., The University of Suwon, Gyeonggi 445-743, Korea

## 요 지

하천은 지역마다 독특한 하도특성을 지니고 있다. 우리나라는 전 국토의 70 %가 산지로 구성되어 있으며, 이 가운데 노년기에 지형도 적지 않다. 이를 가로 지르는 우리나라 하천에서 특이한 하도형태의 모습을 보이는 구간이 곳곳에 산재하고 있다. 그 대표적인 모습이 충적하도와 침식하도가 연속해 발생하는 과정에서 나타나는 하천 협소부이다. 하천 협소부란 하천지형학에서 일반적으로 쓰이고 있는 용어이며, 하도수리학에서는 지배유량에 종속되는 일정 하폭의 범위를 크게 벗어난 하천병목구간을 뜻한다. 이러한 협소부 주변지역은 전형적인 수해상습 지역이 되는 경우가 많다. 이러한 상황임에도 불구하고 현재까지 우리나라에서는 이러한 협소부 구간에서 하도특성을 반영한 조사 및 연구 사례가 전무한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 낙동강 선산지역에 위치한 하천 협소부에서 하도형태에 대하여 조사하고 하도수리학적으로 분석하고 평가하였다. 연구 결과, 모래하천인 조사구간의 저수로 하상에서 아주 미세한 유사분급 현상은 확인할 수 있었지만, 하도변화의 작용력에 의한 유사분급 현상이라 판단하기에는 어려운 부분이 있었다. 이는 완만한 하상경사, 균일성에 가까운 하상재료의 분포 및 공급에 기인한다고 판단되었다. 그러나 이와 같은 자연적인 현상보다는 골재채취 등의 인위적 교란에 따른 유사분급이 확연하다고 추정되었다. 그리고 협소부의 배수구역에서 과거 활발했던 단단면 이동상 하도가 유심부의 이동과 더불어 최근 급격하게 복단면화가 진행되고 있음을 확인하였다. 이와 더불어 저수로의 하폭이 크게 줄어드는 현상을 확인할 수 있었다. 이와 같은 현상은 궁극적으로 이상홍수 발생시 복단면 가중 혹은 홍수단면적 축소의 원인이 된다. 또한, 저수로에서 호안 또는 제방 아래 부분의 국소세굴이 야기될 수 있음을 시사한다.

**핵심용어** : 하천 협소부, 하도특성, 낙동강, 선산지구, 모래하천, 하상변동, 이동상

## 1. 서 론

하천은 나라마다 지역마다 구간마다 독특한 하도특성을 지니고 있다. 우리나라는 전 국토의 70 %가 노년기 산지로 이루어져 있다. 이를 가로 지르는 우리나라 하천은 하도형태의 모습을 보이는 구간이 산재하고 있다. 그 대표적인 특이 구간이 충적하도와 침식하도가 연속해 발생하는 과정에서 나타나는 하천 협소부 즉, 하도 병목 또는 하안 돌출 구간이다. 이는 외국의 병하하천이나 충적하천에서 볼 수 있는 자연 유하형 사행 하도와는 다른 이동상 하도형태라 할 수 있다. 이러한 하천 협소부 주변지역에서는 전형적인 수해상습지역이 되는 경우가 많다. 협소부가 형성되는 원인으로서는 지질조건, 지형조건 및 인위적 조건 등으로 인하여 비롯되고 있다. 협소부의 상당수는 평면 하상변동에 중대한 영향을 미치는 난침식대(難侵蝕帶)이다. 난침식대란 모래 자갈로 구성된 이동상 하도에서 간혹 암반, 바위 등이 존재하여 하도변화 및 침식이 어려운 구역을 뜻한다.

하천 협소부의 직상류 하도에서는 일반적으로 홍수 단면적 축소에 따른 배수영향으로 홍수위가 증가한다. 또한 이러한 곳에서는 하도 소류력 감소에 따른 유사퇴적이 촉진되면서 홍수 범람의 잠재력은 그만큼 커지게 마련이다. 이와 반대로 협소부 직하류 하도에서는 에너지의 증가에 따라 소류력도 증가하면서 하상 및 하안

침식을 야기시키는 경향이 있다. 이에 따른 협소부의 직하류 하도 구간에서는 저수로 하상이 저하할 가능성이 높다. 또한 호안, 제방, 배수통문 등 하천시설물의 훼손의 가능성이 기타 구간보다 크다. 이를 무시한 하도설계는 곧 홍수해의 잠재적인 원인임은 물론 하천 생물서식환경의 훼손을 의미한다. 협소부 구간에서 이와 같은 하도특성을 반영한 연구 및 설계 사례가 소하천을 제외한 대하천에서는 거의 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 국내 사정을 감안하여 하천 협소부에서 하도형태에 대해 조사하고, 하도수리학 평가를 시도하였다. 이를 위해 실제 협소부의 존재를 낙동강 선산지구에서 확인하고 연구사례로 선정하여 하도형태 및 유사분급 현상에 대해 조사하고 분석하였다.

## 2. 연구방법 및 연구 대상하천

### 2.1 대상지역 선정 및 유출 현황

낙동강 본류는 엽리상 화강암으로 구성된 상류지질 조건의 영향을 받아 유사공급이 풍부한 전형적인 이동상 하도에 속한다. 그리고 하도가 노년기 지형을 가로 지르고 있어 전하도에 걸쳐 협소부가 간헐적으로 존재하고 있다. Fig. 1의 위성사진에서 보는 바와 같이 감천 합류점 하류방향으로 약 4 km 지점이 하천 협소부에 해당하며, 본 연구에서 낙동강 선산지구라 칭한다. 이



Fig. 1. Satellite Image(<http://earth.google.com>)

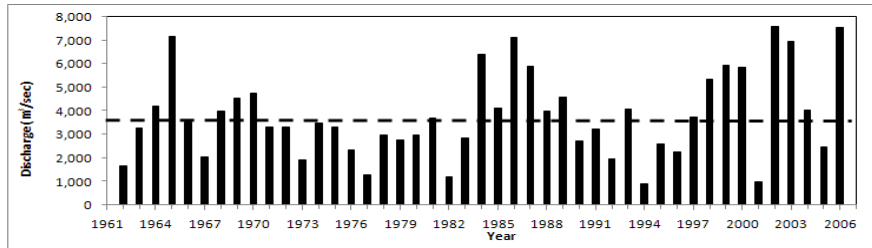


Fig. 2. Average Annual Maximum Flood(Waegwan water level observatory)

구간의 전후 사행도( $\lambda$ )가 약 1.1이며, 이는 하천 양안에 형성된 산맥의 흔적과 지질특성(한국지질도, 1995)으로 볼 때 일반적인 충적하도와 다른 지형적인 요인으로 인하여 형성된 것으로 보여 진다. 따라서, 낙동강 선산지구는 과거 항공사진에 의한 근래에 심한 평면적인 하상 변동 현상이 일어나고 있으며, 과거 측량 및 하상재료 등 자료와 인근의 유출자료가 존재하므로, 연구대상 지구로 선정하였다.

유출량 자료는 협소부로부터 약 24 km하류에 위치한 왜관 수위표 자료를 활용하였으며, 조사구간과 왜관 수위표 사이의 별다른 지천유입은 없다. 왜관 수위표에서 관측한 수위자료로부터 유량을 환산한 결과는 Fig. 2와 같다. 과거 44년간(1962~2006)의 연평균최대홍수량은 3,785 m³/s이며 지배유량에 해당하는 것으로 평가된다. 그리고 낙동강 유역종합치수대책보고서(건설교통부, 2004)에 따르면 현재 설계홍수량은 13,600 m³/s이다.

## 2.2 하상변동 분석

### 2.2.1. 항공사진에 의한 평면 하상변동 분석

낙동강 선산지구에 대한 하도변화의 양상을 파악하기 위한 자료로써 Fig. 3의 1971년, 1982년, 1992년, 2004년에 각각 촬영한 국립지리원 항공사진을 활용하였다. 약 10년 간격의 항공사진을 통해 하도상황을 정확히 판단하기가 어렵지만, 저수로를 중심으로 하폭이 급격히 바뀌고 있는 양상은 포괄적으로 확인 할 수 있다. 특히 Fig. 3(a)에서는 활발한 이동상 하도내 협소부의 존재를 확인할 수 있다. 그리고 낙동강 본류와 지천인 감천의 합류점에서 지천사주가 크게 발달하지 않고 오히려 도류제 형태의 도류사주가 크게 발달하고 있음을 볼 때, 본류의 유사 이송량에 비해 지천의 비유사량이 우세한 것을 알 수 있다. 여기서, 도류사주란 두하천의

합류부에서 형성되는 도류제 형태의 사주를 나타낸다. 이는 감천의 비유사량은 497 ton/year/km²으로 낙동강 본류보다 우세한 것으로 기존(참고문헌)의 하천정비기본계획 보고서와 현장 조사를 통해 알 수 있었다. 또한 감천 유입수로도 우안에 접해 사행하면서 흐르는 특징을 살펴 볼 때 하도내 사주 이동성은 매우 활발하여 단단면 형태의 하도 형태를 이루고 있음을 알 수 있다. 이후 Fig. 3(b)에서는 도류 사주부에서 고착화 경향의 중주도 흔적과 우안 일부에서 사주 전선부에 식생의 흔적이 나타나고 있다. 감천 유입수로도 우안측 발달 없이 곧 본류의 유심부와 합류하는 형태를 보이고 있다. 협소부 부근에서는 비늘사주(일명 망상사주) 형태가 발달하면서 Fig. 3(a)보다 유심부의 좌안쪽으로 이동하는 경향을 보이고 있다. Fig. 3(c)에서는 감천합류직후 우안 접안 사주는 폭넓게 식생이 피복된 고수부지 형태로 성장하고 있음을 볼 수 있다. 그리고 본류의 유심부는 새로운 저수로 형태가 명확히 드러나면서 새로운 형태의 이동상 사주형태를 보이고 있다. 특히 감천 합류부에서 감천 유입수로는 고수부지 상류단에 새롭게 형성된 것이 눈에 띈다. 상대적으로 협소부 주변에서는 이동성이 왕성한 단단면 형태의 망상사주를 보이고 있다. Fig. 3(d)부터는 감천 합류후 우안은 경작흔적이 있는 고수부지의 확대 및 정착되고 낙동강 본류의 저수로가 고정되는 양상을 보이고 있다.

한편 협소부 주변에서도 사주의 발달과 이동양상이 크게 둔화된 교호사주 형태를 취하고 있다. 협소부 상류의 횡단면의 변화를 비교하기 위하여 Fig. 4에 도시하였다. Fig. 4의 1983년과 1993년의 자료는 보고서의 자료를 이용하였으며, 2004년의 자료는 현재 진행중인 낙동강 상류 하천정비기본계획의 측량 자료를 이용하였다.

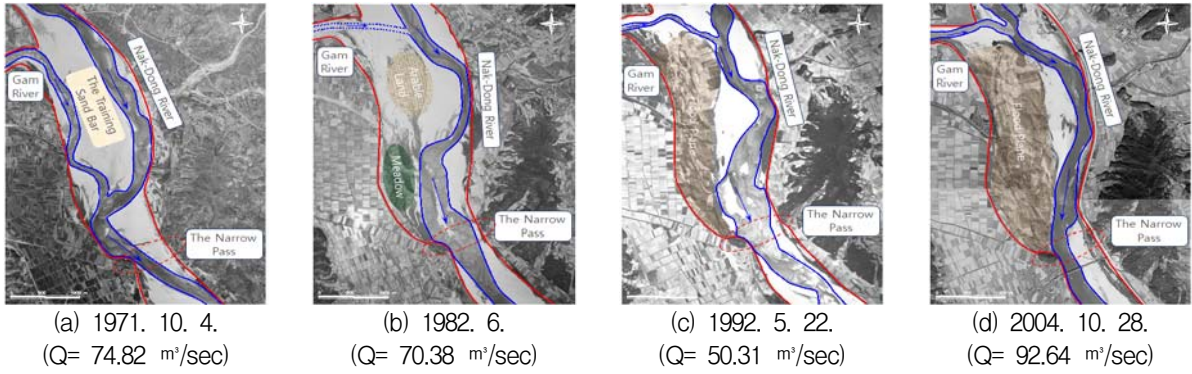


Fig. 3. An Aerial Photograph of Object Section

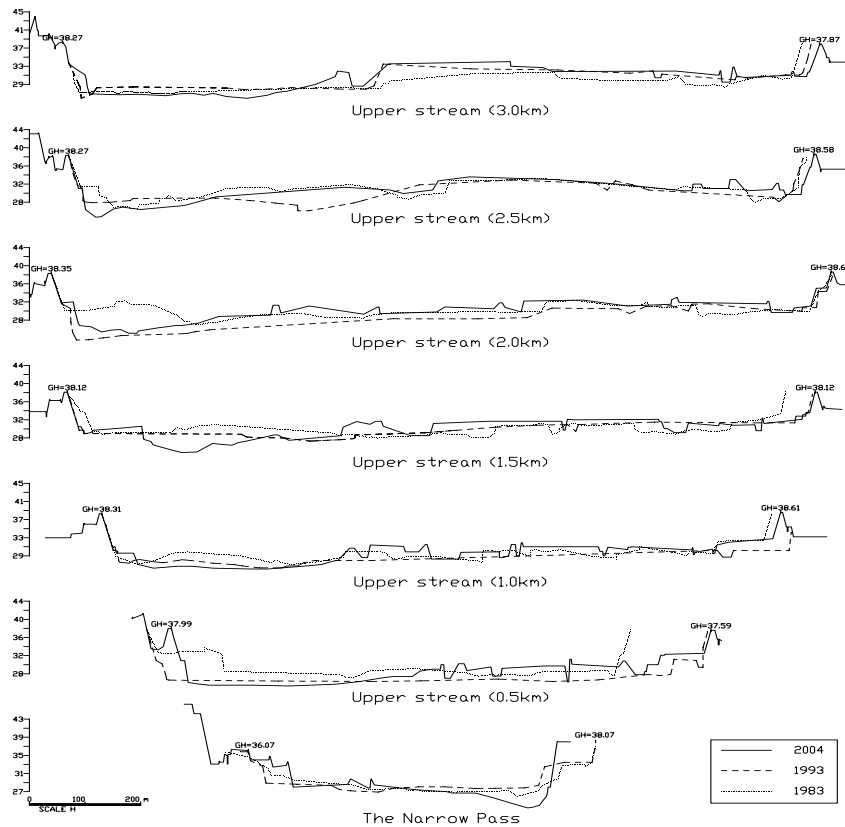


Fig. 4. A Cross Section Comparison of Small Area Upper Stream

### 2.2.2 측량자료에 의한 하상변동 분석

하폭 및 저수로폭의 종단변화는 Fig. 5와 Fig. 6에서 보는 바와 같이 1983년과 1993년의 하천정비기본계획 보고서의 횡단 자료와 2004년 측량자료를 통해 확인할 수 있었다.

또한, 직접 현장조사를 통해 하도변화 양상을 조사하였다. 하폭을 협소부 상류를 중심으로 살펴볼 때, Fig. 5에서 보는 바와 같이 하폭은 협소부 상류부에서는 거의 변화가 없다. 그러나 Fig. 6의 협소부 상류의 저수로폭이 1983년보다 1993년과 2004년에 크게 줄어들고 있음을 보여 주고 있다. 특히 1993년에 협소부 직상류의 하폭 증가는 저수로내 사주의 전선부와 유심선의 이동

에 따른 영향으로 파악되고 있다.

조사구간의 하상경사가 1/3,400이며, 야마모토 분류에 의하면 모래로 구성되는 세그먼트 2-2에 해당하는 자연제방 형성구간에 속한다(山本 晃一, 2004). Fig. 7에서 과거 측량자료인 1983년과 1993년을 비교하면 가정된 설계홍수위때는 평균하상고가 협소부 상류에서는 상승하고 협소부 하류에서는 저하하는 경향을 보이고 있다.

이는 전형적인 협소부에서 볼 수 있는 종단변화의 특징을 잘 보여주고 있다. 한편 Fig. 8에서 보는 바와 같이 저수로 만제유량(저수로를 가득 채우는 유량을 의미)에 따른 평균하상고는 감천의 유입유사의 영향으로

평가되는 합류점이외는 협소부 전후 동히 하상저하 현상이 나타나고 있다.

Figs. 7 and Fig. 8을 종합해 비교 해 볼 때, 저수로의 저하에 비해 상대적으로 고수부지의 확대와 퇴적을 의미한다는 것을 알 수 있다. 이는 저수로 만제유량 즉 지배유량 규모이상에서 고수부지내 상당한 퇴적 경향이 있음을 알 수 있다. 한편, 저수로의 저하는 저수로내 상류부터 유사이송량이 1983년보다 1993년이 크게 줄어들었다고 추정된다.

### 2.2.3 현지 조사 결과

2007년 2월 협소부 상·하류 5 km 지점을 조사구간으로 선정하여 현장조사를 실시하였다. 협소부 직상류

의 우안 고수부지(5.5 ~ 7 km구간)의 하류단 피복상태는 Fig. 9에서 보는 바와 같이 버드나무류의 목본류의 식생역이 폭넓게 활착하고 있었다. 이러한 식생역 주변의 고수부지의 기저층은 모래인 반면 표토층은 미세립토의 퇴적이 조사 확인되었다.

이를 통해 상당기간 하상저하에 의한 교란이 없음을 알 수 있었다. 한편, 감천 합류부 주변인 고수부지 상류단에서는 초본류의 식생이 활착한 흔적이 있으나 상당부분 유사이송에 의한 식생교란이 확인되었다. 이는 홍수시 고수부지내 감천에의 유사유입 또는 본류의 홍수류의 유입에 따른 영향으로 보여진다.

그리고 저수로에서는 단열사주 즉 일렬사주 형태의

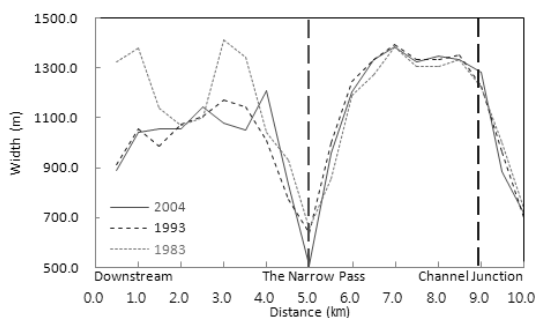


Fig. 5. Vertical Section Change of the Surface of the Water Width in Designed Flood

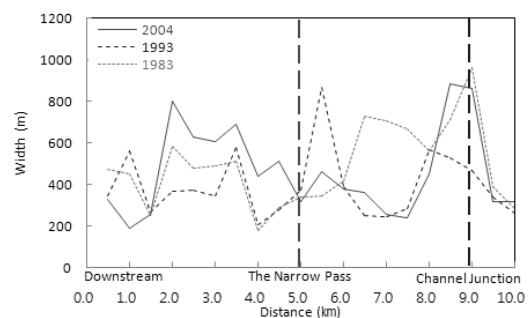


Fig. 6. Vertical Section Change of the Surface of the Water Width in Low Flow Channel Bankfull Discharge

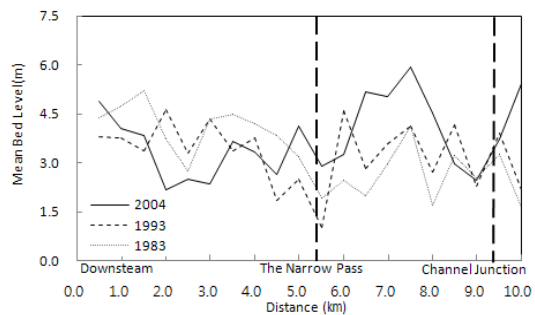


Fig. 7. Vertical Section Change of an Average of River Bed in Design Flood

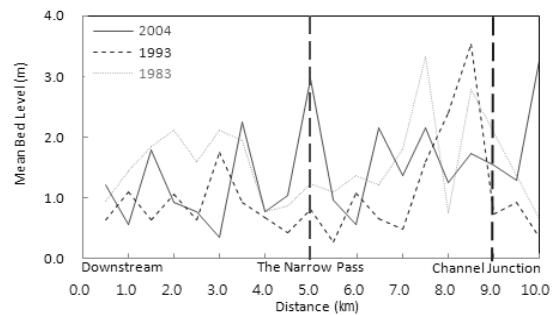


Fig. 8. Vertical Section Change of an Average of River Bed in Low Flow Channel Bankfull Discharge



Fig. 9. Ground Cover Condition



Fig. 10. Bed Coarsening



사주가 이동하는 양상이나, Fig. 10에서 보는 바와 같이 일부구간에는 하상재료의 조립화 경향을 보이고 있다. 그러나 감천이 유입하는 협류점 주변의 저수로는 모래로 널리 분포하고 있다.

### 3. 하도이동성과 하도형태와의 상관성 평가

#### 3.1. 유사분급 및 저수로폭/수심비의 종단특성

Fig. 12에서 보는 바와 같이 일부구간에서는 조립화 경향을 보이고 있지만 이동하는 사주부를 중심으로 2007년 2월에 채취한 협소부 전후의 입도분포에서 보는 바와 같이 대표입경(d60)이 0.8 mm이며 비교적 균일하다.

Fig. 12에서 보면 1983년도의 하상재료는 하도 이동성이 활발하여 협소부의 전후의 분급이 뚜렷하지는 않고 아주 미미하게 상류가 적게 나타난다. 이는 하상변동 분석에 확인된 배수효과에 따른 퇴적효과와 연계하여 판단하기에는 다소 무리이다. 다만, 이는 상·하류의 유사분급이 거의 동일하게 공급되고 이동하는 이유라 판단된다.

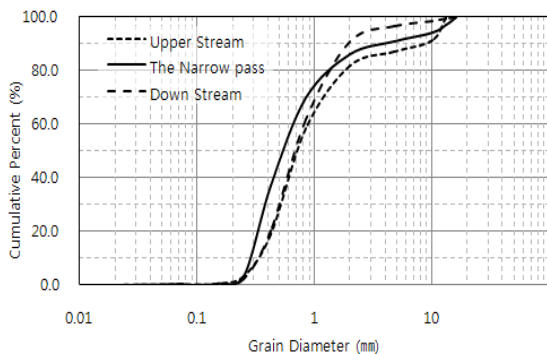


Fig. 11. Size Distribution of Bottom Materials (2007)

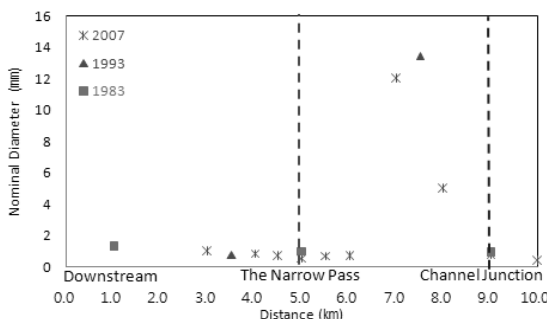


Fig. 12. Vertical Section Change of Representative Grain Size

한편, 1993년과 2007년 조사에서는 협소부에서 상·하류를 비교했을 때, 상류 7~8 km 구간에서 훨씬 조립

화 현상을 보이는 이유는 협소부 상류부인 홍수시 사주에의 홍수유입의 의한 자연교란과 사주를 대상으로 한 골재채취 등 인위적인 교란, 그리고 복단면의 하도가 형성된 결과라 판단된다.

1983년과 1993년의 저수로폭/수심비 종단변화 비교는 Fig. 13와 같다. 그 범위는 협소부 직상류에서 약 600 정도인 곳을 제외하고는 200 정도이다. 이는 매우 활발한 하상과의 전달을 의미하며 특히 협소부 직상류에서는 사주의 하류전파 속도가 상대적으로 매우 크다. 이는 협소부의 효과, 즉 결국 협소부 기능이 일부 상류 쪽으로 이동하고 있음을 의미하는데, 1992년도 항공사진에서 협소부 직상류의 우안에 형성된 고수부지를 통해 입증된다.

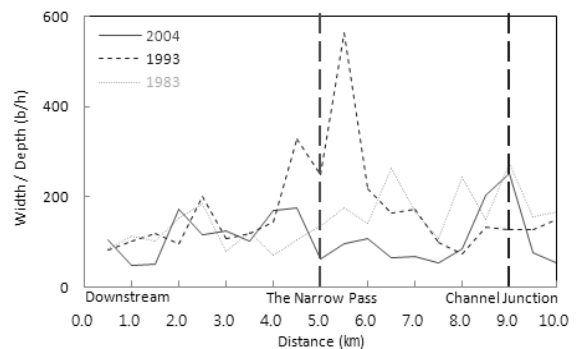


Fig. 13. Vertical Section Change of Low Flow Channel Width and Depth Ratio

#### 3.2 하도이동성 평가

하도 이동성의 유효한 평가지표로 입증된 무차원 소류력( $\tau_*$ )의 산정결과는 Figs. 14 and 15이다. 그리고 Figs. 16 and 17은 이동성의 기원이 되는 마찰속도( $u_*$ )의 산정 결과이다.

무차원 소류력과 마찰속도를 산정하는 식은 다음과 같다

$$\tau_* = \frac{HI_e}{SD_r} \quad (1)$$

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}} \quad (2)$$

여기서,  $H$ 는 수심,  $I_e$ 는 에너지경사,  $S$ 는 유사의 수중 비중,  $D_r$ 는 대표입경,  $\tau_o$ 는 소류력,  $\rho$ 는 물의 밀도이다.

무차원 소류력과 마찰속도 산정시 2004년 측량자료와 2007년도 현장조사시에 분석된 입경자료를 활용하였기에 정확한 값으로 볼 수 없으나, 하상변동에 대한 경향은 파악할 수 있다고 판단된다.

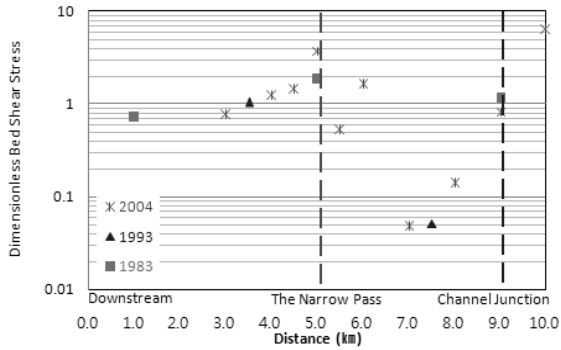


Fig. 14. Vertical Section Change of Dimensionless Tractive Force in Design Flood Level

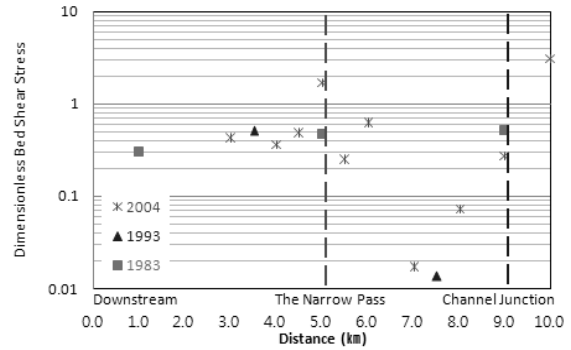


Fig. 15. Vertical Section Change of Dimensionless Tractive Force in Low Flow Channel Bankfull Discharge

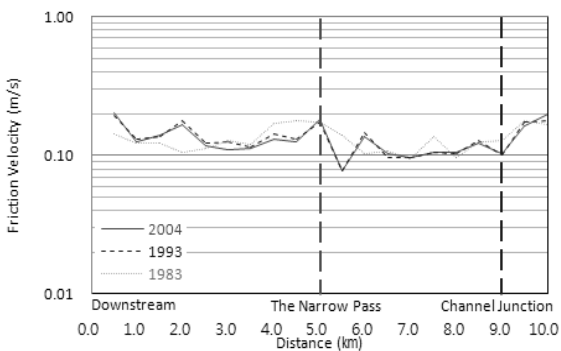


Fig. 16. Vertical Section Change of Friction Velocity in Design Flood Level

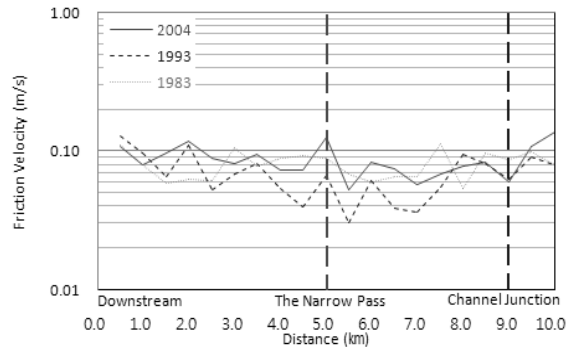


Fig. 17. Vertical Section Change of Friction Velocity in Low Flow Channel Bankfull Discharge

무차원 소류력의 중단특성을 Figs. 14 and 15에서 살펴보면, 협소부 전후에서 설계홍수량 규모일때 무차원 소류력을 통해 유사이송시 부유상태로 이송이 활발하고 저수로 만제유량에서는 상대적으로 소류형태로 이송이 활발하다는 것을 알 수 있다. 그리고 전반적으로 감천 합류직후와 협소부 직하류에서 퇴적경향을 나타내고, 협소부 직상류에서는 세굴 가능성을 보인다. 그리고 작용력에 해당하는 마찰속도 변화를 Figs. 16 and 17에서 살펴 볼 때 무차원 소류력과 같이 저수로 만제수위와 설계홍수위에서 다소 비슷한 경향을 보이고 있지만 그다지 큰 차이를 보이지 않는다. 감천 합류점과 협소부 직하류 부근에서는 퇴적 잠재력이 약간 우세하고 협소부 직상류에서는 세굴 잠재력이 다소 우세하다. 그럼에도 불구하고 퇴적 잠재력 구간에 과거 중단자료에서 하상저하 현상을 보이는 이유는 유사 이송량이 크게 줄어들고 있음을 입증하고 있다. 또한 무차원소류력에서 이송능력은 커지고 있음은 저수로의 형성을 의미하고 이는 곧 복단면 형태의 고수부지의 가속화를 의미한다. 따라서 협소부의 전후가 유사공급 특성에 따라 직접적인 영향을 받을 수 있음을 확인할 수 있다.

### 3.3 종합 평가

전절에 살펴본 연구대상하천의 하도현황이 하도 이동성과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 하상의 이동성이 활발했던 1971년을 지나 1983년에 이르면서 협소부 직상류에는 우선 평면적인 하상변화와 아울러 유심부의 변화가 촉진된다. 이는 홍수시 배수효과의 영향으로 평가된다. 하지만, 기대했던 협소부의 상하류에서 유사분급에서 뚜렷한 변화는 없는 이유는 균일에 가까운 동질의 유사가 공급되기 때문이라 판단된다. 이후 유입유사의 감소 등 자연적 변화와 인위적 교란 등으로 인하여 저수로폭/수심비가 커지면서 협소부 직상류의 우안에서 고수부지의 확장 및 고착화가 확대되고, 저수로 조립화 현상이 발생하기도 한다. 2004년의 자료를 분석하였을 때 협소부의 기능, 즉 협소부 직상류의 고수부지의 성장에 따라 즉 협소부 주변의 하폭이 상류로 전달되는 양상을 보이고 있다. 따라서, 무차원소류력 변화 특성을 통해 볼 때, 유사공급이 감소가 지속되면 하상의 안정성에 변화를 초래해 과거 단단면이었던 하도형태가 앞으로 급속히 복단면의 하도형태로 바뀌면서, 저수로내 조립화 경향의 유사분급도 가중될

것으로 판단된다. 한편, 상대적으로 저수로의 저하현상의 가중과 더불어 고수부지의 침수빈도가 상대적으로 낮아져 고수부지 지피상태도 점차 육역화 양상을 보일 우려가 있다.

#### 4. 결 론

연구결과, 이동상의 모래하천인 조사구간에서 저수로 하상에서 아주 미세한 유사분급 현상이 확인되었지만, 분명한 하도변화에 대한 작용력에 의한 유사분급 현상이라 판단하기에는 어려운 부분이 있다. 이는 모래하천의 특징을 잘 나타내는 세그먼트 2-2에 해당하는 하상경사, 균일성에 가까운 하상재료의 공급에 기인한다고 추정할 수 있다. 그러나 이와 같은 자연적인 현상보다 오히려 골재채취 등의 인위적인 교란에 따른 유사분급이 확인함을 확인 할 수 있었다. 그리고, 협소부의 배수구역에서 과거 활발했던 이동상 단단면 하도형태가 유심부의 이동과 더불어 최근 급격하게 복단면화가 진행되고 있음을 확인하였다. 이와 더불어 저수로의 하폭이 크게 줄어든 현상을 확인할 수 있었는데, 상류의 유황의 변화와 함께 유사 이송량의 변화, 골재채취 등의 인위적 하상교란 즉 유사유입이 크게 줄어든 이유라 추정할 수 있다.

앞으로 유사량 관측, 감천하구의 영향 평가, 고수부지 층구조, 최근하도에서의 측량이 추가적으로 수행될 때, 보다 정량적 평가가 가능할 것으로 보여진다. 그리고 협소부의 영향을 보다 명확히 밝히기 위해서는 비교적 급한 하상경사를 선택할 필요가 있을 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- 건설교통부(1983). **낙동강 하천정비기본계획(보완조사 II)**
- 건설교통부(1993). **낙동강 하천정비기본계획(보완 III)(남강합류부 - 반변천 합류부)**
- 건설교통부(2004). **낙동강 유역종합치수대책 보고서**
- 건설교통부(1984). **낙동강(감천, 내성천) 하천정비 기본계획**
- 건설교통부(1997). **감천 하천정비기본계획(보완)**
- 건설교통부(1962~2006). **한국수문조사연보**
- 손광익, 김문모 (2004). “이동상 하도내 하천시설물의 위치결정에 대한 기술적 검토.” 2004년도 분과 위원회 연구과업보고서 수공기술분과. 한국수자원학회.
- 옥기영, 이삼희 (2006). “하도의 이동성 감소에 따른 하천 지형의 변화 연구 (지석천을 대상으로).” **한국수자원학회 06 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 1042-1046.
- 이두한, 손민우, 김명환, 김창완 (2006) “대표 입경과 하도 특성과의 관계 분석.” **한국수자원학회 06 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 613-617.
- 이삼희, 박재로, 권순일 (2001). “안양천의 하도변화 특성 분석.” **대한토목학회 2001 학술발표회 논문집**, 대한토목학회, pp. 1-4.
- 이종실 (2007). “소하천 상습재해구간의 중점관리 방안 -하도병목구간 및 수층부를 중심으로.” 국립방재연구원 방재연구소
- 한국수자원학회 (2005). 하천설계기준
- 한국지질도 (1995). 한국자원연구소
- 山本 晃一 (2004). 構造沖積河川學(山海堂)
- 國土技術研究センター (2002). 河道計劃檢討の手案引き (山海堂)
- C.Nalluri, E.M. Valentine, J.C. Bathurst and I.A. Benson. (1998). “Channel regime, sediment transport and overbank deposition for mobile bed channels with overbank flow.” *Final report to EPSRC*, grant number GR/J75319
- Jeffrey F. Mount. (November 8, 1995). “California Rivers and Streams: The Conflict Between Fluvial Process and Land Use”. *University of California Press*. Paperback: 376 pages
- Jim L. Best. and Geoff E. Petts. (August 1, 2006). “Braided Rivers (International Association of Sedimentologists)”. *Blackwell Publishing Limited: 1 edition*. Paperback: 396 pages
- Norman C. Smith and John Rogers. (November 1, 1999). “Fluvial Sedimentology VI”. *Special Publication of the International Association of Sedimentologists*, No. 28. Blackwell Publishing Limited: 28 edition . Paperback: 488 pages
- R.S.E.W. Leuven, A.M.J. Ragas, A.J.M. Smits, G.van der Velde. (July 28, 2006). “Living Rivers: Trends and Challenges in Science and Management (Developments in Hydrobiology)”. *Springer*; 1 edition. 372 pages
- <http://earth.google.com>
- <http://www.wamis.go.kr>

(논문번호:07-158/접수:2007.12.31/심사완료:2009.01.16)