

# 하천 협착부에서 하도형태에 관한 하도수리학적 평가 – 낙동강 선산지구를 중심으로 –

Hydraulic Assessment of Channel Form on the Narrow Pass of Channel

최호균\*, 김원일\*\*, 류영훈\*\*\*, 이삼희\*\*\*\*,  
Hokyun CHOI, Won Il KIM, Young Hoon RYU, Samhee LEE, Won Sik AHN

## 요    지

하천에서는 나라마다 하천마다 구간마다 독특한 하도특성을 지니고 있다. 우리나라는 전 국토의 70 %가 산지로 이루어져 있으며, 이로 인하여 특이한 하도형태의 모습을 보이는 구간이 산재하고 있다. 그 대표적인 모습이 충적하도와 침식하도가 연속해 발생하는 과정에서 나타나는 것이 하천 협착부 구간이다. 이러한 하천 협착부 주변지역은 전형적인 수해상습 구간이 되는 경우가 많다. 이러한 상황임에도 불구하고 현재까지 우리나라에서는 이러한 협착부 구간에서 하도특성을 반영한 연구 및 설계 사례가 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 낙동강 선산지역의 하천 협착부에서의 하도 수리학적 의미와 하도형태에 대하여 조사하고 분석하였다. 연구 결과, 모래하천인 조사구간의 저수로 하상에서 아주 미세한 유사분급 현상은 확인할 수 있었지만, 명쾌한 자연 영역에 의한 유사분급 현상이라 판단하기에는 어려운 부분이 있었다. 이는 완만한 하상경사, 균일성에 가까운 하상재료의 공급에 기인한다고 추정할 수 있었다. 그러나 이와 같은 자연적인 현상보다는 골재채취 등의 원인에 따른 유사분급이 확연하다고 추정되었다. 그리고 협착부의 배수구역에서 과거 활발했던 이동상 단단면 하도형태가 유심부의 이동과 더불어 최근 급격하게 복단면화가 진행되고 있음을 확인하였다. 이와 더불어 저수로의 하폭이 크게 줄어드는 현상을 확인할 수 있었다. 이와 같은 현상은 궁극적으로 이상홍수 발생시의 복단면 가중 또는 홍수단면적 축소, 저수로에서의 호안 또는 제방 아래부분의 국소세굴이 야기될 수 있음을 시사한다.

**핵심용어 :** 협착부, 유사분급, 하도특성, 하도형태, 낙동강, 선산지구, 모래하천

## 1. 서 론

하천에서는 나라마다 하천마다 구간마다 독특한 하도특성을 지니고 있다. 우리나라는 전 국토의 70 %가 산지로 이루어져 있으며, 이로 인하여 상류에서 하류로 이동하면서 특이한 하도형태의 모습을 보이는 구간이 산재하고 있다. 그 대표적인 특이 구간이 충적하도와 침식하도가 연속해 발생하는 과정에서 나타나는 것이 하천 협착부 구간이다. 이는 외국의 빙하하천이나 충적하천에서 볼 수 있는 자연 유하형 사행 하도와는 다른 이동상 하도형태라 할 수 있다. 이러한 하천 협착부 주변지역에서는 전형적인 수해상습지역이 되는 경우가 많다. 협착부가 형성되는 원인으로는 지질 조건, 지형조건 및 인위적 조건 등으로 인하여 비롯되고 있다. 협착부의 상당수는 그 자체가 난침식대이다.

\* 정회원 · 수원대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : ghrbs011@nate.com  
\*\* 정회원 · 수원대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : wilim@suwon.ac.kr  
\*\*\* 정회원 · 대구국도유지건설사무소 시설사무관 · E-mail : ryh0603@mocrt.go.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 책임연구원 · E-mail : samhee.lee@kict.re.kr  
\*\*\*\*\* 정회원 · 수원대학교 교수 · E-mail : wsan@suwon.ac.kr

하천 협착부 직상류에서는 홍수단면적 축소에 따른 배수영향에 따라 홍수위가 증가한다. 또한 이러한 곳에서는 하도 소류력 감소에 따른 유사퇴적이 활성화되면서 홍수 범람의 잠재력은 그만큼 커지게 마련이다. 이와 반대로 협착부 직하류에서는 에너지의 증가에 따라 소류력도 증가하면서 하상 및 하안 침식이 야기되는 경향이 있다. 협착부 직하류 구간에서는 저수로의 하상저하 호안, 제방, 배수통문 등 하천시설물의 훼손의 가능성이 기타 지역보다 크다. 이를 무시한 하도설계는 곧 홍수해의 잠재적인 원인임은 물론 하천 생물서식환경의 훼손을 의미한다. 이러한 상황임에도 불구하고 현재까지 우리나라에서는 이러한 협착부 구간에서 하도특성을 반영한 연구 및 설계 사례가 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 국내 사정을 감안하여 우리나라 하천 협착부에서의 하도 수리학적 의미와 하도형태에 대해 평가를 시도하였다. 이를 위해 국내의 실제 협착부 존재가 확인된 낙동강 선산지구를 선정하여 하도형태 및 유사분급에 대해 조사하고 분석하였다.

## 2. 연구대상 하천특성

### 2.1 대상구간 및 유출 현황

낙동강 본류는 전형적인 이동상 하도이며, 하천 협착부가 간헐적으로 존재하고 있다. 협착부의 위치는 그림 1에서 보는 바와 같이 사행도( $\lambda$ ) 가 1.09인 감천 합류점 하류방향으로 약 4 km 지점에 하천 협착부가 존재하며, 이는 양안에 형성된 산맥으로 볼 때 지형적인 영향으로 추정된다. 이 협착부에서 유출자료와 과거 하상재료가 비교적 존재하여, 본 연구에서 대상하천으로 선정하여 조사하였다. 과거 유출자료는 하류방향으로 약 24 km 하류에 위치한 왜관 수위표 자료로부터 유량자료로 확산한 결과, 과거 44년간 자료를 토대로 산정한 연평균최대홍수량은  $3,556 \text{ m}^3/\text{sec}$ 이다. 그리고 낙동강 유역종합치수대책보고서(2004)에 따르면 현재 설계홍수량은  $13,600 \text{ m}^3/\text{sec}$ 이다.



그림 1. 대상지역의 하도 사진(구글어스, 2007년판)

### 2.2 하도형태 및 유사분급 특성

그림 2의 1971년 항공사진에서 협착부의 존재를 확인할 수 있다. 이와 같은 협착부의 상류에서 는 1971년, 1982년, 1992년, 2004년의 항공사진에서 하폭이 급격히 바뀌는 양상을 나타내고 있다. 특히 1971년 사진에서 볼 때, 본류와 감천의 합류점에서 지천사주가 크게 발달하지 않고 오히려 도류제 형태의 도류 사주가 크게 발달하고 있음을 볼 때, 본류의 유사이송량이 상당함을 추정할 수 있다. 그리고 감천 유입수로도 우안에 접해 흐르는 등 하도내 사주이동성은 매우 활발하여 단단면 형태의 하도 형태를 이루고 있다. 이후 1982년 사진에서는 도류 사주부에서 경작의 흔적과 우안 일부에서 사주에 식생의 흔적이 나타나고 있다. 감천 유입수로도 우안측 발달 없이 곧 본류

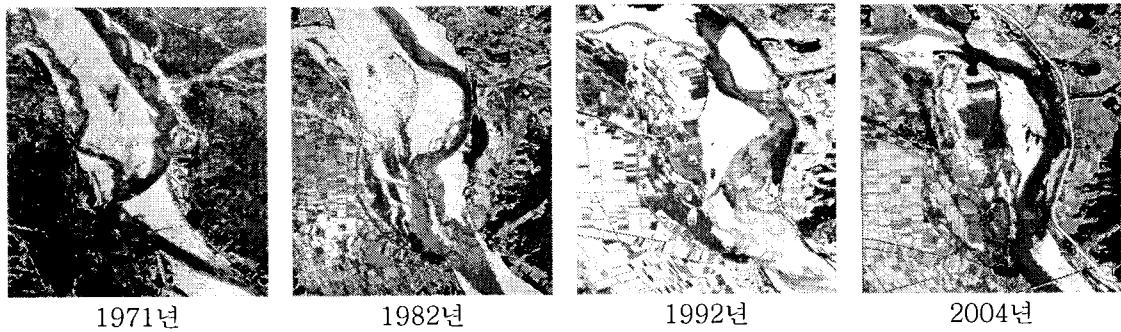


그림 2. 대상구간의 항공사진

의 유심부와 합류하는 형태를 보이고 있다. 협착부 부근에서는 비늘사주 형태가 발달하면서 1971년보다 유심부의 좌측 이동경향을 보이고 있다. 1992년 사진에서는 감천합류직후 우안 사주는 폭넓게 식생이 회복된 고수부지 형태로 성장하고 있음을 볼 수 있다. 그리고 본류의 유심부는 새로운 저수로 형태가 명확히 드러나면서 새로운 형태의 이동상 사주형태를 보이고 있다. 2004년부터는 감천 합류후 우안은 고수부지가 정착되고 저수로가 고정되면서 저수로가 또다른 형태로 저하하면서 복단면 형태의 모습을 보이고 있다. 한편 사주의 발달과 이동양상이 크게 둔화된 형태를 취하고 있다. 이와 같은 하폭 및 저수로의 종단변화는 그림 3에서 보는 바와 같이 1983년, 1993년의 하천정비기본계획 보고서의 획단 자료에서도 확인되고 있다.

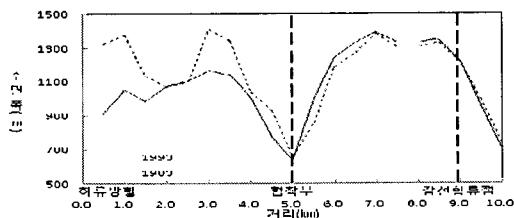


그림 3. 수면폭의 종단 변화

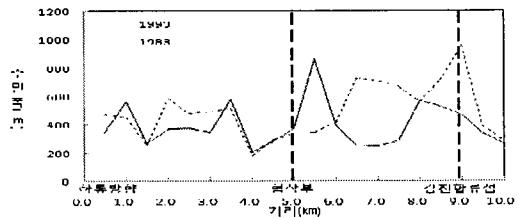


그림 4. 저수로 수면폭의 종단 변화

하상경사가  $1/3,400$ 이며, 야마모토 분류에 의하면 세그멘트 2-2에 해당하는 자연제방 형성구간에 속한다. 과거 측량자료인 1983년과 1993년을 비교하면 가정한 설계홍수위와 저수로 만배수위에서 동히 하상저하 현상이 나타나고 있는데, 상대적으로 고수부지를 반영한 설계홍수위에서 하상저하가 크게 나타나고 있다. 그리고 협착부 하류가 상류보다 저하현상이 두드러지는 것은 결국 인위적인 교란을 간파할 때 상류부터 유사이송이 1983년보다 1993년이 크게 줄어들었다고 추정할 수 있다.

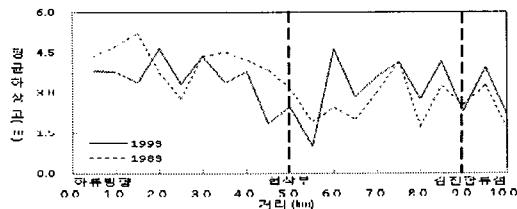


그림 5. 설계홍수량에서의 평균하상고의 종단 변화

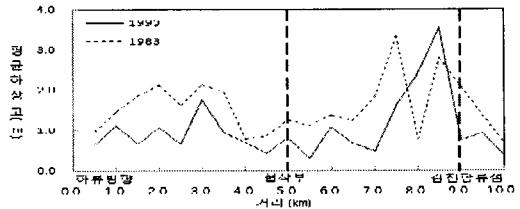


그림 6. 저수로 만배 유량에 대한 평균하상고의 종단 변화

### 3. 하도형태와 하도 이동성에 대한 평가

#### 3.1 하도 이동성 평가

그림 7에서 보는 바와 같이 2007년 2월에 채취한 협착부 전후의 입도분포에서 보는 바와 같이 대표입경( $d_{60}$ )이 0.8 km이며 비교적 균일하다.

그림 8에서 보면 1983년도의 하상재료는 하도 이동성이 활발하여 협착부의 전후의 분급이 뚜렷하지는 않고 아주 미미하게 상류가 적게 나타난다. 배수효과로 판단하기에는 무리라 판단되는데, 이는 상·하류의 유사분급이 거의 동일하게 공급한 이유라 판단된다. 한편, 1993년과 2007년 조사에서는 협착부에서 상·하류를 비교했을 때, 상류 7~8 km 구간에서 훨씬 조립화 현상을 보이는 이유는 협착부 상류부인 감천 합류부 전후에서 골재채취 등 인위적인 교란과 복단면의 하도가 형성된 결과라 판단된다.

1983년과 1993년의 저수로폭/수심비 종단변화 비교는 그림 9와 같다. 그 범위는 협착부 직상류의 약 600 정도인 곳을 제외하고는 200 정도이다. 이는 매우 활발한 하상파의 전달을 의미하며 특히 협착부 직상류에서는 사주의 하류전파 속도가 상대적으로 크다. 이는 협착부의 효과가 결국 협착부 기능이 일부 상류쪽으로 이동하고 있음을 의미하는데, 1992년도 항공사진에서 협착부 직상류의 우안에 형성된 고수부지를 통해 입증된다.

2003년도 무차원 소류력(그림 10, 11) 및 마찰속도(그림 12, 13)는 최근 축량자료의 부재로 1993년 단면자료를 활용하였기에 정확한 값으로 볼 수 없지만, 하상변동에 대한 경향은 파악할 수 있다고 판단된다. 무차원 소류력의 종단특성을 살펴보면, 협착부 전후에서 설계홍수량 규모일 때 유사이송시 부유상태로 이송이 활발하고 저수로 만배유량에서는 상대적으로 소류형태로 이송이 활발하다는 것을 알 수 있다. 그리고 전반적으로 감천합류직후와 협착부 직하류에서 퇴적경향을 나타내고, 협착부 직상류에서는 세굴 가능성성을 보인다. 작용력에 해당하는 마찰속도 변화를 살펴볼 때 무차원소류력과 같이 저수로 만배수위와 설계홍수위에서 다소 비슷한 경향을 보이고 있지만 그다지 큰 차이를 보이지 않는다. 감천 합류점과 협착부 직하류에서는 부근에서는 퇴적 잠재력이 약간 우세하고 협착부 직상류에서는 세굴 잠재력이 다소 우세하다. 그럼에도 불구하고 퇴적 잠재력 구간에 과거 종단자료에서 하상저하 현상을 보이는 이유는 유사이송량이 크게 줄어 들고 있음을 입증하고 있다. 또한 무차원소류력에서 이송능력은 커지고 있음은 저수로의 형성을 의미하고 이는 곧 복단면 형태의 고수부지의 가속화를 의미한다. 따라서 협착부의 전후가 유사공급 특성

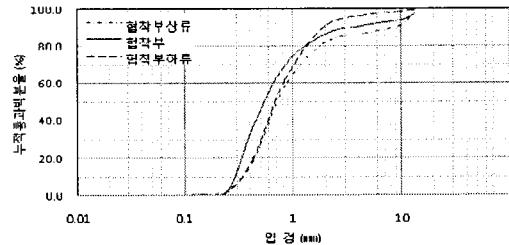


그림 7. 현재의 하상재료의 입도분포

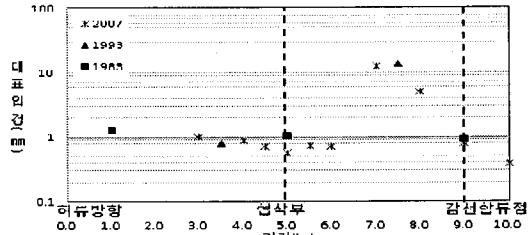


그림 8. 대표입경의 종단 변화

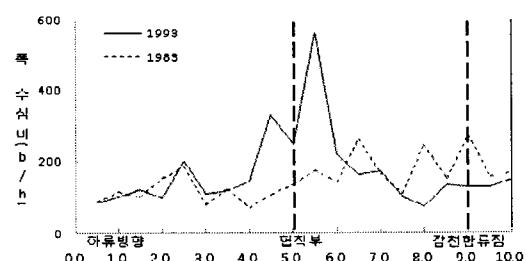


그림 9. 저수로 폭/수심비의 종단 변화

에 따라 직접적인 영향을 받을 수 있음을 확인할 수 있다.

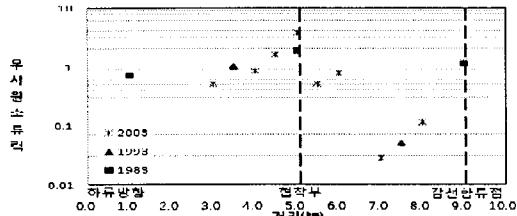


그림 10. 설계홍수위에서 무차원 소류력 종단 변화

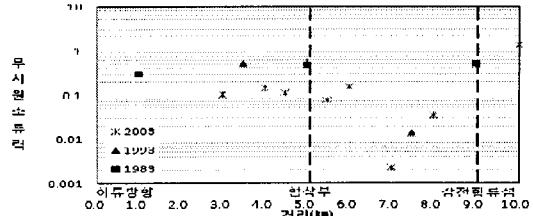


그림 11. 저수로 만배수위에서 무차원 소류력 종단 변화

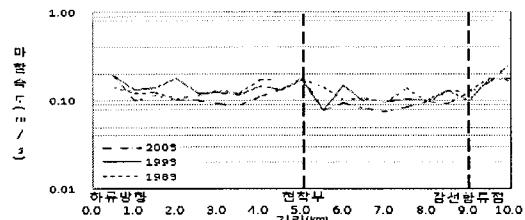


그림 12. 설계홍수위에서 마찰속도 종단 변화

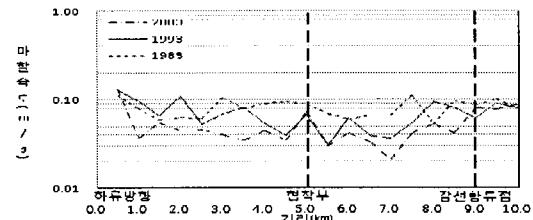


그림 13. 저수로 만배수위에서 마찰속도 종단 변화

#### 4. 결 론

연구 결과, 모래하천인 조사구간에서 저수로 하상에서 아주 미세한 유사분급 현상이 확인되었지만, 명쾌한 자연 영역에 의한 유사분급 현상이라 판단하기에는 어려운 부분이 있었다. 이는 모래하천의 특징을 잘 나타내는 그다지 급하지 않은 하상경사, 균일성에 가까운 하상재료의 공급에 기인한다고 추정할 수 있었다. 그러나, 이와 같은 자연적인 현상보다 오히려 골재채취 등의 인위적인 교란에 따른 유사분급이 확인함을 확인 할 수 있었다. 그리고, 협착부의 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 골재채취 등의 인위적 하상교란 즉 유사유입이 크게 줄어든 이유라 추정 할 수 있었다.

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

#### 참 고 문 헌

1. 건설교통부(1983), 낙동강 하천정비 기본계획(보완조사Ⅱ)
2. 건설교통부(1993), 낙동강 하천정비기본계획(보완Ⅲ)(남강합류부 - 반면천 합류부)
3. 건설교통부(2004), 낙동강 유역종합치수계획 보고서
4. Google Earth(2007년 4월판)
5. 국립지리원 항공사진(1971, 1982, 1992, 2004년)
6. 건설교통부(1962~2006), 한국수문조사연보
7. 야마모토(2004), 구조충적하천학, 산해당(일본)