

# 하폭 급변 구간에서의 하상변동 특성에 관한 연구

## Characteristics of River-Bed Fluctuation for Rapid Change Channel Width

김종운\* , 김병주\*\* , 김원일\*\*\* , 안원식\*\*\*\*)

Jong Woon Kim, Byoung Joo Kim, Won il Kim, Won Sik Ahn

### 요 지

자연하천은 자연적 · 인위적인 환경의 변화에 대해서 하천 고유의 특성을 조절하는 능력을 가지고 있으며, 하상은 하천의 변화에 끊임없이 반응하며 그 응답의 특성에 의해 복잡한 형태의 안정화를 구현하고 있다. 하지만 하천 내에 하폭 급변구간 같은 특이하도 구간이 산재하게 되면 하폭 급변구간의 직 상류 구간에서는 배수영향으로 인해 홍수위가 증가하게 되며, 직 하류 구간에서는 소류력의 증가로 하상 및 하안 침식을 야기 시키고 있는 실정이다. 또한, 하류의 일정구간에서는 유사의 국지적인 퇴적이 발생하여 하천범람의 원인으로 작용하기도 한다. 따라서 본 연구에서는 하폭 급변구간 직 상 · 하류 및 하류구간에서 발생하는 하상 변동 특성을 규명하고자 하도특성 조사 방법에 따라 하폭 급변구간에서의 하도특성을 조사 · 분석하였으며, 이를 2차원 수치모형인 SMS 모형을 이용하여 분석 및 검증 하고자 한다. 감천 및 낙동강선산지구의 하폭 급변구간을 대상유역으로 선정하였으며, 하상재료의 이동성에 대한 평가 지표로 입증된 무차원소류력( $\tau_*$ )의 분석결과 감천 및 낙동강선산지구의 직 상류 및 직 하류 구간에서는 하상의 세굴현상, 하류 구간에서는 유사의 국지적인 퇴적현상이 일어나는 것으로 분석 되었다. 또한, 2차원 수치모형인 SMS 모형 모의결과 전체 구간에 대해서 세굴 지향적으로 모의 되었으며, 하폭 급변부 하류 구간에 퇴적이 발생하는 것으로 모의되었다. 하지만 하폭 급변구간 상류에서의 국지적인 유사 퇴적양상은 수치모의 결과 확인 할 수 없었다. 이는 수치모형의 한계로 판단된다. 하도특성 및 수치모의 결과 하폭 급변구간 하류에서 유사의 국지적인 퇴적이 발생하는 것으로 분석되었다. 이는 실제 하천에서의 하폭 급변부 하류구간에서의 하상미지형 변화에 의한 국지적 유사퇴적 현상을 입증된 거라 할 수 있다.

**핵심용어 : 하폭 급변구간, 무차원소류력, SMS모형**

### 1. 서 론

자연하천은 자연적 · 인위적인 환경의 변화에 대해서 하천 고유의 특성을 조절하는 능력을 가지고 있으며, 하상은 하천의 변화에 끊임없이 반응하며 그 응답의 특성에 의해 복잡한 형태의 안정화를 구현하고 있다. 하지만 하천 내에 하폭 급변구간 같은 특이하도 구간이 산재하게 되면 하폭 급변구간의 직 상류 구간에서는 배수영향으로 인해 홍수위가 증가하게 되며, 직 하류 구간에서는 소류력의 증가로 하상 및 하안 침식을 야기 시키고 있는 실정이다. 또한, 하류의 일정구간에서는 유사의 국지적인 퇴적이 발생하여 하천범람의 원인으로 작용하기도 한다. 따라서 본 연구에서는 감천 및 낙동강 선산지구의 하폭 급변구간을 대상유역으로

\* 정회원 · 수원대학교 토목공학과 공학석사 · E-mail : kimjw2292@naver.com  
\*\* 정회원 · 수원대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : zzanggunice@nate.com  
\*\*\* 정회원 · 수원대학교 하천환경기술연구소 책임연구원, 공학박사 · E-mail : wikim@suwon.ac.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 수원대학교 토목공학과 교수/하천환경기술연구소 소장, 공학박사 · E-mail : wsan@suwon.ac.kr

선정하였으며, 대상유역의 하폭 급변구간 직 상·하류 및 하류구간에서 발생하는 하상변동 특성을 규명하고자 하도특성 조사 방법에 따라 하폭 급변구간의 특성을 조사·분석하였으며, 이를 2차원 수치모형인 SMS 모형을 이용하여 분석 및 검증 하고자 하였다.

## 2. 하폭 급변구간에서의 하상변동 분석

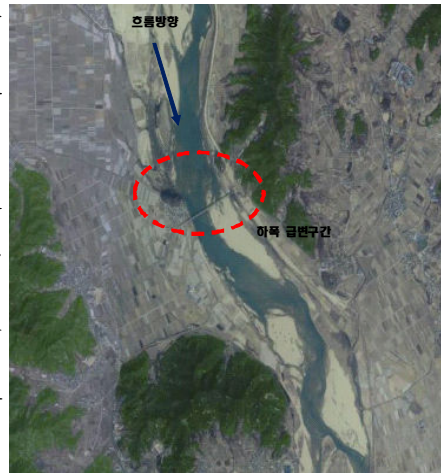
### 2.1 대상유역 및 수리현황

낙동강의 지류인 감천은 경북 김천시 대덕면 태리 우두령재에서 발원하여 구미시 선산읍 원동에서 낙동강으로 유입되는 하천으로서 유역형상은 대체로 수지상형태를 띄고 있으며, 유로연장이 상당히 긴 편으로 중·하류부는 양질의 모래로 상류부는 잔자갈 및 모래로 이루어져있다. 또한, 노년기 지형을 유하하는 지형적인 특징에 의해서 하천 양안에 하폭의 급격히 줄어드는 특이하도구간을 가지고 있다. 이러한 특이 하도구간은 하천 양안에 형성된 산맥의 흔적과 지질특성(한국지질도, 1995)으로 볼 때 일반적인 층적하도와 다른 지형적인 요인으로 인하여 형성된 것으로 보여 진다. 선산지구는 낙동강 본류의 상류에 위치해 있으며, 엽리상 화강암으로 구성되어 있어서 유사 공급이 풍부한 전형적인 이동상 하도이다. 또한 감천과 마찬가지로 노년기 지형을 유하하는 지형적인 특징에 의해서 하도 곳곳에 하폭 급변구간이 존재하고 있다.

본 연구에서 사용된 유출량 자료는 왜관 수위표의 수위-유량관계곡선식의 자료를 활용하여 유출량 및 홍수의 값을 산정하였다. 선산지구의 연 평균최대홍수량은 3,785m<sup>3</sup>/s 산정되었으며 이는 지배유량에 해당하는 값으로 “낙동강 유역종합치수계획 보고서(건설교통부, 2004)”에서 제시되어있는 계획 홍수량 13,600m<sup>3</sup>/s 의 1/3 ~ 1/4 범위 내에 값을 가지므로 합리적인 것으로 판단 할 수 있다. 감천유역의 유출량은 왜관 수위표를 이용하여 유역면적비로 연 최대홍수량을 산정하였다. 또한 표 1은 과거 대상유역의 하폭 급변구간에서의 유사 퇴적으로 인한 수해 현황을 나타내고 있다.



(a) 감천 하폭 급변구간



(b) 낙동강 선산지구 하폭 급변구간

그림 1. 대상유역의 현황

표 1. 대상유역의 과거 수해피해 지역

년 도	침 수 지 역	침 수 유 형	비 고
1998	경북 구미시 해평면 경북 김천시 아포읍, 감문면	제방 붕괴 및 범람	홍수
2002	경북 구미시 해평면 경북 김천시 아포읍, 감문면	기타	태풍 루사
2003	경북 구미시 해평면 경북 김천시 아포읍, 감문면	기타	태풍 매미

### 2.2 하도특성량 산정을 통한 하상변동분석

국내·외 많은 연구를 통해 하상재료의 이동성에 대한 유효한 평가자료로 입증된 무차원 소류력( $\tau_*$ ) 산정하여 대상유역의 중단 변화를 분석하였다. 이러한 무차원 소류력은 “낙동강(내성천, 감천) 하천정비기본계획(건설교통부, 1984)”, “낙동강 유역종합 치수계획 보고서(건설교통부, 2004)”의 자료 분석 및 현장조사를

통해 분석된 입경자료를 이용하여 매개변수를 산정하였으며, 무차원 소류력은 다음과 같은 식에 의해 산정하였다.

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

이러한 분석은 정확한 정량적 분석은 아니지만 본 연구의 대상구역의 하상변동에 대해 개략적인 경향을 파악할 수 있게 해줄 것으로 판단된다. 그림 2은 대표 유량(연 평균 최대홍수량) 규모에서의 무차원 소류력의 종단변화를 나타내며 그림 2에서 점선은 하폭 급변구간을 나타내고 있다.

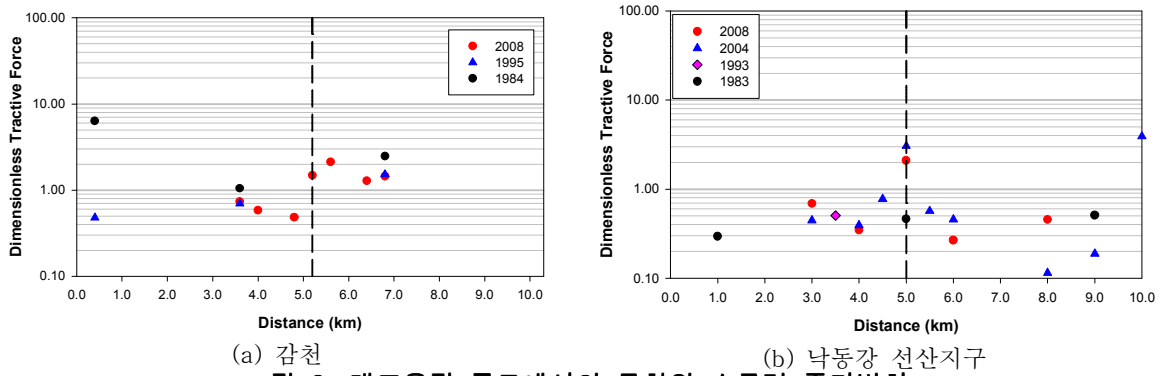


그림 2. 대표유량 규모에서의 무차원 소류력 종단변화

무차원 소류력 분석결과 대표유량의 규모 일때의 하폭급변구간 전·후상의 유사 이동의 경향은 소류형태로 이동하며, 전반적으로 하폭 급변구간 직 하류에서의 무차원 소류력은 감소하며 직 상류 및 하폭 급변구간에서의 무차원 소류력은 증가한다. 분석결과 하폭급변구간에서는 직 상류 구간에서는 하상의 세굴현상, 직 하류 구간에서는 하상재료의 퇴적이 일어나는 것으로 판단할 수 있다.

### 3. 2차원 수치모형을 통한 하상변동분석

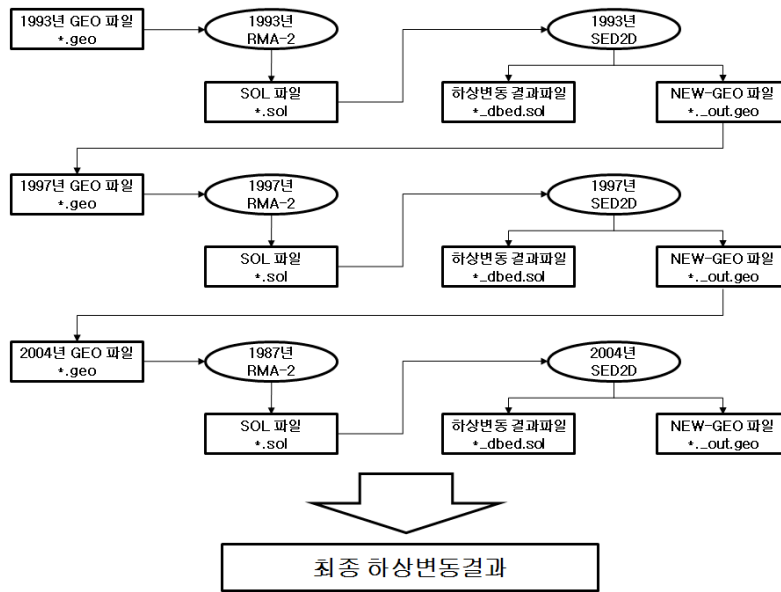


그림 3. 하상변동 실행과정

SMS 모형 내의 RMA-2 및 SED2D의 전체적인 실행과정과 구성 요소들은 다음 그림 3 과 같으며, 감천의 경우 1984년, 1986년, 1987년도에 하상변동이 발생하였을 거라 판단되며, 낙동강 선산지구는 1993년, 1997년, 1997년, 1998년, 1999년, 2000년, 2002년, 2003년, 2004년도에 하상변동이 발생 하였을 거라 판단된다.

또한, 모형에 적용된 매개변수 및 입력 자료는 낙동강 유역종합치수계획 보고서(건설교통부, 2004)”, “낙동강(내성천, 감천) 하천정비기본계획(건설교통부, 1984)”의 자료를 이용하여 1.098 mm, 0.8 mm 로 선정하였으며, 비중은 2.65를 사용하였다. 또한 침강속도는 Rubey식으로 계산된 0.103 m/s, 0.085 m/s 를 사용하였다. 그 외의 입력 자료 중에서 본 프로그램의 수행에 그다지 영향을 미치지 않는다고 판단되어 Manual에서 권장하는 Default 값을 사용하였으며, 이송가능 모래크기의 경우 “하천 유사량 공식의 선정 기준(한국건설기술연구원, 1990)”에 수록되어 있는 한국 하천의 대표적인 부유사 입경분포를 참조하여 0.07 mm 을 사용하였다. 하상전단응력 공식은 Manning의 전단 응력 공식을 사용하였다.

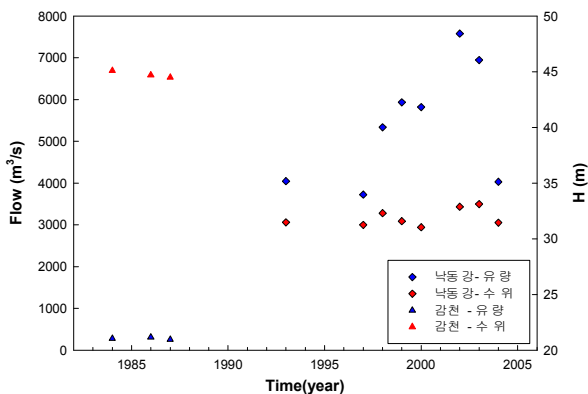


그림 4. 모형에 적용된 입력조건

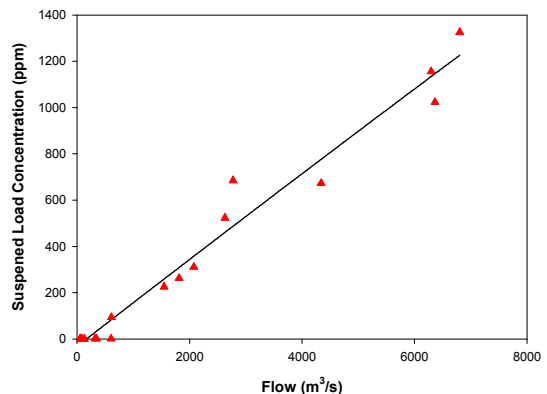


그림 5. 왜관 수위표 부유사농도 곡선

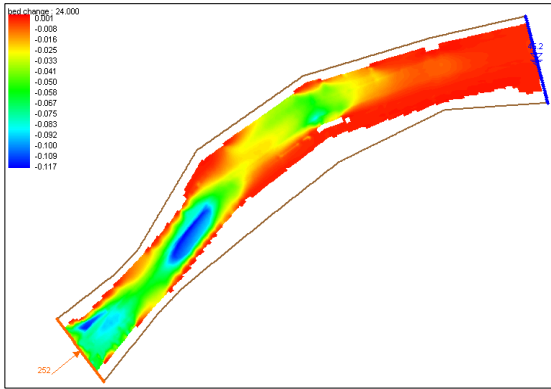


그림 6. 감천 최종 하상변동고

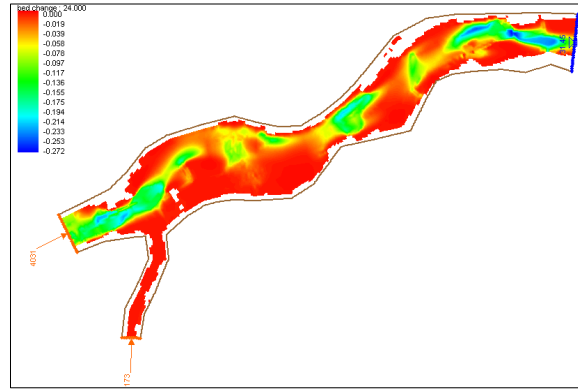
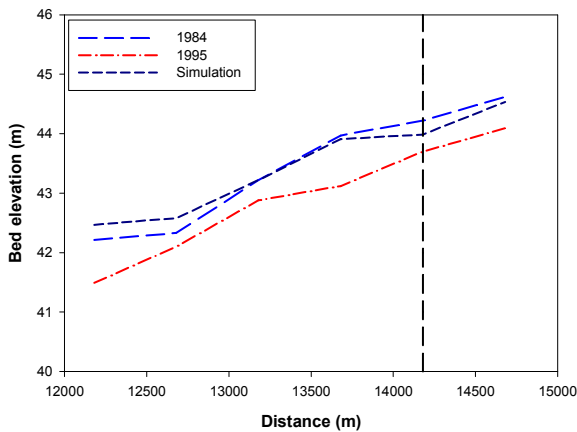


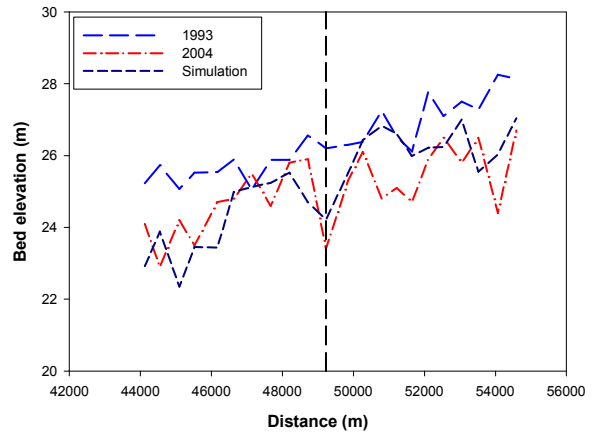
그림 7. 낙동강 선산지구 최종 하상변동고

각각의 연도별 모의결과 감천 및 낙동강 선산지구의 경우 전체적으로 하상이 세굴 지향적으로 모의되었으며, 하폭 급변부 하류에 퇴적이 발생하는 것으로 모의되었다. 감천의 경우 최종 하상변동고는  $-0.37\text{ m} \sim 0.01\text{ m}$ , 낙동강 선산지구의 경우  $-2.36\text{ m} \sim 0.07\text{ m}$ 로 모의되었다. 또한, 감천의 최심하상고의 변화된 양상을 살펴보면 그림 8(a)에서 No. 24(12,180 m), No. 25(12,680 m)에서 모의치는 유사하게 퇴적되는 양상을 보여주고 있으며, 하폭 급변구간 상류구간(점선)인 No. 29(14,680 m)에서는 실측치와 모의치 모두 세굴 되는 것으로 모의되었다.

하폭 급변구간의 상류구간에서는 하천 지형적인 특징으로 인해 유속의 증가와 무차원 소류력의 증가로 인해 하상이 세굴 하는 것으로 판단된다. 낙동강 선산지구의 경우 No. 456(47,140 m)에서와 같이 실측치와 모의치 모두 퇴적되는 양상을 보여주고 있으며, 하폭 급변부 상류구간인 No. 462(50,270 m), No. 464(51,220 m)에서는 모의치 에서만 퇴적되는 것으로 분석되었다. 이러한 이유로는 하폭 급변부 구간의 상류구간에서 하천 지형적인 특징으로 인해 정체수역이 발생하여 하상재료가 퇴적하기 때문으로 판단된다.



(a) 감천



(a) 낙동강 선산지구

그림 8. 최심하상고의 종단별 변화양상

#### 4. 결 론

하도 특성량 중에서 하상변동특성을 대표하는 자료로 무차원 소류력을 산정하여 하도 내 유사의 세굴 및 퇴적 가능성을 분석하였다. 또한 현장의 조건을 최대한 일치시켜 수치모형을 구성하였으며, 유속의 모의 결과(RMA-2)를 유사 이동을 위한 입력 자료로 다시 모형에 적용하여 최종 하상 변동량을 모의하였다. 그 결

과 하폭 급변부에서의 세굴지향적인 하도 특성 및 하폭이 급변하는 구간을 지난 하류 방향에서는 유사의 국지적인 퇴적 양상을 확인할 수 있었다.

퇴적 가능성의 증가는 대상 유역의 홍수 범람 및 제방 붕괴 등과 같은 재해 유발 잠재력이 우세할 것으로 예측할 수 있으며, 표 1 에서와 같이 과거 대상 유역의 재해 현황 조사 결과와 같은 맥락으로 확인되는 매우 중요한 결과라 할 수 있다. 그러나 그림 1 에서 확인할 수 있었던 하폭 급변 구간 상류방향에서의 하중주 등과 같은 국지적인 퇴적의 양상을 수치모형의 모의에서는 확인할 수 없었다. 이는 수치모형이 미지형 하상변동 특성을 해석하지 못하는 한계점을 갖고 있다고 판단할 수 있으며, 하도계획의 수립 및 유지관리에 있어 매우 신중한 수치모형의 적용이 필요할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부 (1997), 「감천 하천정비기본계획(보완)」
2. 건설교통부 (2004), 「낙동강 유역종합치수대책 보고서」
3. 건설교통부 (1984), 「낙동강(감천, 내성천) 하천정비기본계획」
4. 건설교통부 (1983), 「낙동강 하천정비기본계획(보완조사Ⅱ)」
5. 건설교통부 (1993), 「낙동강 하천정비기본계획(보완Ⅲ) (남강 합류부 - 반변천 합류부)」
5. 건설교통부 (1962-2006), 「한국수문조사연보」
6. 김원일, 안원식 (2008), 이동상 하천 하도 단면 협소부의 유사 수리학적 특성연구, 박사학위 논문, 수원대학교
7. 최민하 (2002), SMS를 이용한 장·단기 하상변동 분석, 석사학위 논문, 고려대학교