

# 섬진강 하류 하상변동 분석

## The Analysis of Channel Bed Changes in the Sumjin River Downstream

전일권\*, 김민환\*\*, 이광만\*\*\*, 정만\*\*\*\*

Ir Kweon Ceon, Min Hwan Kim, Kwang Man Lee, Mahn Chung

### 요 지

섬진강 하류의 하상변동을 분석하였다. 분석에 활용한 자료와 방법은 기존의 하천 측량자료와 HEC-6 모형이다. 모형의 입력 변수는 하상 단면 측량자료, 하상 구성 물질, 수문자료 등이다. 본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 섬진강 하류 하상변화의 주요인은 수문자료의 변화에 따른 것 이라기보다는 과도한 하상골재 채취 때문으로 판단된다. 마찰속도, 대표입경, 무차원 소류력 관계 를 분석한 결과 전반적으로 하상의 상승을 나타내고 있다. 섬진강 하류의 하상 변동 분석결과 분석대상 전 구간에서 주로 퇴적이 발생하였다. 1989년~2000년까지의 섬진강 하류의 하상변동은 1978년~1989년의 변동 폭과 비교해 볼 때 비교적 변화가 작았으며, 이 기간에 섬진강 하류 하상 은 침식보다는 주로 퇴적 양상을 보여 주고 있다. 따라서 현재 섬진강 하류의 하상은 골재 채취 이전의 하상 상태로 점점 상승하고 있는 것으로 판단된다.

**핵심용어 : 하상 변동, HEC-6, 침식, 퇴적, 골재채취**

### 1. 서 론

강우-유출시 유역에서 발생하는 토사유출은 유역내의 토사 손실은 물론 저수지나 하천의 하상 지형 변화를 초래한다. 하상지형은 침식 및 퇴적 작용을 거듭하면서 하천의 평형상태를 복원하려 는 과정을 겪으며 변화한다. 이러한 하상지형 변화는 안정하도의 설계나 유역관리, 수해방지 등을 위하여 고려해야할 중요한 요인 중의 하나이다.

우리나라의 하상변동에 관한 연구는 Brown 공식을 이용하여 팔당댐-행주대교 구간의 하상변 동을 예측한 남(1978)의 연구와 St. venant 식을 FDM으로 해석하고 유사량 공식은 Schocklitsch 공식을 활용하여 하상 변동 예측모형을 개발하고 이를 한강 하류부의 단기적인 하상변동을 해석 한 박(1984)의 연구 이래 HEC-6 모형을 이용한 우 등(1991)의 연구로 하상변동에 관하여 실무적 으로 한층 더 발전시켰다. 이후 우리나라의 다양한 하천의 장기 하상변동 예측에 HEC-6, GSTARS, RMA 모형이 활용되었으며(한국수자원공사(1997), 안 등(2002), 고 등(2003), 이 등 (2007)) 단기하상변동 예측으로 RMA2/SED2D를 적용한 바 있다(강 등(2006)).

섬진강 하류와 같은 감조구간에서 토사 이송량을 초과하는 하상골재 채취는 인위적으로 급격 한 하상 변동이 발생하여 섬진강 하류의 수문현황 및 하류 구간의 염분농도 변화로 생태계에 영

\* 정회원 · 전남도립대학 토목환경과 부교수 · E-mail : cikks@namdo.ac.kr  
\*\* 정회원 · 호남대학교 토목환경공학과 교수 · E-mail : kimmh@mail.honam.ac.kr  
\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원환경연구소 팀장 · E-mail : lkm@kowater.or.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 전남대학교 토목환경공학부 교수 · E-mail : mahn@chonnam.ac.kr

향을 초래하였다. 본 연구에서는 골재채취로 인하여 발생한 섬진강 하류의 하상변동 양상과 일차원 하상변동 수치 모형인 HEC-6 모형을 적용하여 토사 수리학적 특성의 일차원적 변화를 분석하여 섬진강 하류 구간에서 수해방지나 감조구간 하천의 염분농도의 변화로 생태계 변화 등에 대응하여 하도의 관리에 필요한 기초자료를 얻고자 한다.

## 2. 섬진강 하류 하도특성

### 2.1 대상유역 개요

섬진강 유역은 한반도의 남해안 중서부에 위치하고 있으며, 우리나라 4대강 유역의 하나로 동쪽으로 낙동강유역, 서쪽으로 영산강유역과 동진강유역, 북쪽으로 금강유역 및 만경강유역과 각각 경계를 이루고 있다. 섬진강 하구지점의 유역면적은 4,911.89 km<sup>2</sup>, 유로연장은 223.86 km, 유역 평균 폭은 21.94 km, 형상계수는 0.1이고, 유역형태는 수지상이며, 평균고도는 EL. 301.60 m, 유역의 평균경사는 32.57%이다. 본 연구에서 하상 지형변동을 분석하고자 선정한 구간은 섬진강 하구에서 다압취수장까지(하구로부터 약 25km 지점) 이다. 이 구간은 하상 지형변동으로 인하여 염도의 변화가 발생하여 지역주민으로부터 이로 인해 피해를 입었다는 민원이 발생하고 있는 지역이다.

### 2.2 수문현황 및 하도특성

섬진강수계의 인근 강우관측지점을 살펴보면 유역내의 관측소는 34개소, 유역외의 관측소는 9개소로 총 43개 관측소가 운영되고 있다. 섬진강 수계내 관할 행정기관별로 나타내면, 건설교통부 산하 관측소는 22개소, 수자원공사 산하 관측소 9개소, 그리고 기상청 산하 관측소는 3개소가 위치하고 있다. 섬진강 하구에 대한 재현기간 100년 빈도에 해당하는 확률강우량은 309 mm이고, 계획홍수량은 13,000 m<sup>3</sup>/s이다.

하도는 유량, 유속, 유사량, 하상구성 물질 등이 유수에 대한 저항과 인간의 하천 이용방법에 따라 그 특성이 달라진다. 이들 인자는 상호간에 관계를 맺으면서 어떤 하도의 특성을 규정짓게 되고 각 인자의 중요도에 따라 하도의 물리적 특성을 달리하게 된다. 현 하도의 특성을 파악하는 것은 하도계획을 수립하는데 있어서 조도계수의 산정과 하도의 안정성 등을 판단하기 위해 필수적이며, 이러한 하도의 특성인자는 하상경사, 대표입경, 에너지 경사, 마찰속도, 무차원 소류력, 수면폭-수심비, 수심-입경비 등을 들 수 있다. 표 1은 본 연구대상 구간인 섬진강 하구에서 하도 특성인자를 기술한 것이다(건설교통부, 2003).

표 1. 연구 구간의 하도특성

No.	하구로부터 거리(km)	하폭 (m)	저수로 폭(m)	수심 (m)		D_50 (mm)	하폭 /저수로폭	저수로폭 /수심	마찰속도 (m/s)	무차원 소류력
				(계획홍수)	(지배유량)					
0+000	0.000	920	914	8.13	6.62	0.32	1.0063	138	0.0228	0.10
4+000	4.000	580	484	8.35	6.89	0.10	1.1978	70	0.0313	0.63
8+010	8.010	510	430	7.48	5.19	0.38	1.1861	82	0.0331	0.18
11+860	11.860	410	386	7.96	5.29	1.00	1.0610	73	0.0739	0.33
16+110	16.110	570	503	8.68	3.02	0.80	1.1325	166	0.0883	0.59
20+550	20.550	460	333	7.64	4.15	0.64	1.3828	80	0.1380	1.79
24+200	24.200	550	410	6.72	1.83	1.20	1.3424	223	0.0844	0.36
28+130	28.130	300	217	8.12	3.41	0.60	1.3819	63	0.1204	1.46

### 3. 하상 변동 분석

#### 3.1 하도 안정성

“자연 친화적 하천정비기법 개발보고서(건교부, 2001)”에서 일본의 하천특성과 우리나라의 하천특성에 따른 적용성 문제가 크지 않을 것으로 가정하여 제시한 하천의 안정성 평가 방법을 토대로 현 하도의 평형상태에 대한 분석이 가능하다. 이를 위하여 섬진강 하천의 마찰속도( $u_*$ )와 대표입경( $d_R$ )의 관계와 무차원 소류력( $\tau_{*R}$ )과 대표입경( $d_R$ )의 관계를 분석하여 그림 1과 그림 2에 도시하였다. 그림 1의 마찰속도와 대표입경의 관계에서 한 구간의 마찰속도는 곡선 위에 위치할 때는 감소하고, 곡선 아래에 위치할 때는 증가하는 경향을 갖는다. 마찰속도의 증감은 저수로 수심의 증감을 의미하므로 결과적으로 저수로 폭이 고정되어 있는 경우 마찰속도의 증가는 하상의 상승, 마찰속도의 감도는 하상의 저하가 발생할 수 있다는 것을 정성적으로 예측할 수 있다. 그림 1의 무차원 소류력과 대표입경의 관계를 보면 섬진강의 하도구간의 무차원소류력이 대체로 일본의 자료에 의한 평형곡선의 근방에서 범위를 크게 벗어나지 않고 있으며, 그림 2의 마찰속도와 대표입경간의 관계를 보면 마찰속도들이 곡선의 위쪽에 위치하고 있으며, 이는 하도구간에서 전반적인 하상의 상승을 나타내고 있다.

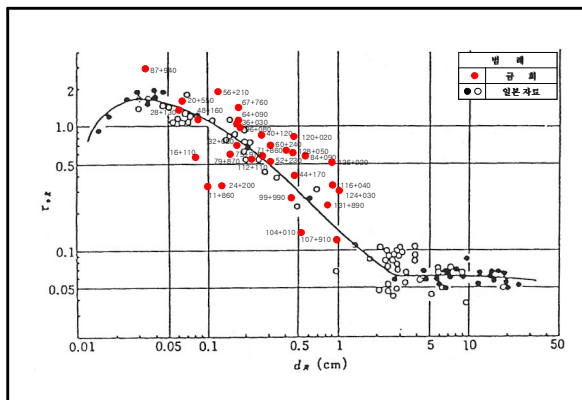


그림 1.  $\tau_{*R} - d_R$  관계

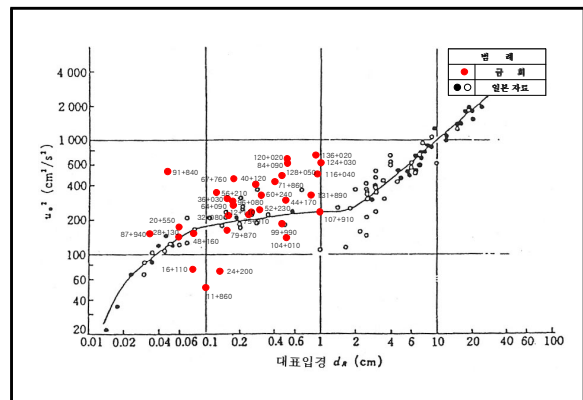


그림 2.  $u_* - d_R$  관계

#### 3.2 기존의 하상변동

섬진강의 하상변화에 영향을 미친 가장 큰 인자 중의 하나가 인위적인 하상의 골재 채취이다. 섬진강 하상 골재 채취는 1972년도에 시작하여 1998년까지 이루어졌다. 1980년까지는 1백만  $m^3$ /년 이하였으나 1981년부터 1994년 사이는 그 이상으로 최대 2.5백만  $m^3$ /년에 해당하는 많은 양의 골재 채취가 이루어졌다. 그림 3은 섬진강 유역에서 채취한 골재량을 년도 별로 도시한 것이다.

그림 3과 같이 많은 양의 골재 채취는 섬진강 하류의 하상이 1978년 보다 1989년에 최대 6m 정도가 내려가는 변화를 가져왔으며, 1989년에서 2003년까지는 비교적 0.5 m 내외로 저하 또는 상승하는 양상을 보이고 있다. 이는 하천정비기본계획을 수립한 1978년 1989년 2003년에 각각 실측한 하천측량 성과를 비교해 보면 보다 가시적인 결과를 알 수 있다. 그림 4는 본 연구대상의 구간의 평균하상고를 경년별로 도시한 것이다.

한편, 섬진강 하류의 하폭은 비교적 변화가 적었다. 다만 그림 5에 도시한 것처럼 하구로부터 16.1 km 지점에서 1978년 하폭이 850 m에서 1998년과 2003년에 575 m로 약 300 m 정도 감소하였으나 이는 하천의 좌안을 정비함으로써 유수의 소통을 원활하게 하고 효과적인 토지 관리를 한 것으로 판단된다.

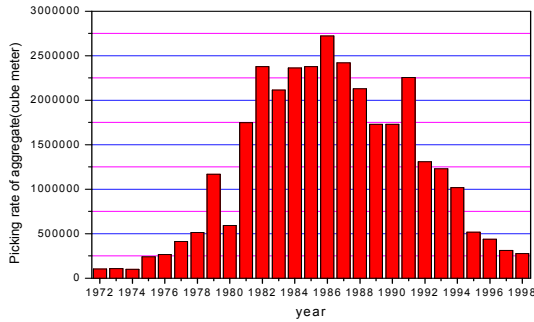


그림 3 골재 채취량

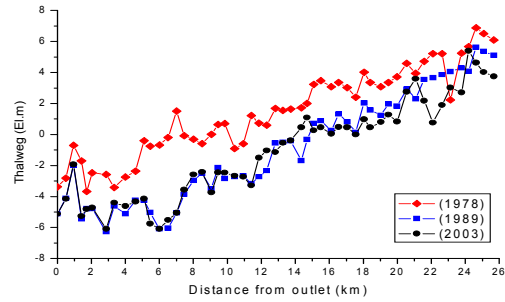


그림 4 경년별 평균하상고

### 3.3 하상변동 예측

일차원 하상변동모형으로 「하도정비지침 : 안정하상 설계(건설교통부, 2002)」에서 제시하고 있는 HEC-6 하천망 유사이동 수치모형을 이용하여 섬진강에 대한 10년 후의 하상변동을 모의하였다. HEC-6 모형에 관심이 있는 독자는 미공단(1993) 및 한국건설기술연구원(1995)를 참조하기 바란다. HEC-6 모형의 입력 자료로 사용되는 하상구성물질, 조도계수, 하천단면, 유사 등은 섬진강수계하천정비기본계획(1978, 1989, 2003)의 자료를 이용한다. 하상변동을 모의하기 위한 수문자료는 1989년~2000년의 수문자료를 대상으로 상류단의 유입유량은 섬진강댐의 일평균 방류량을 사용하였다.

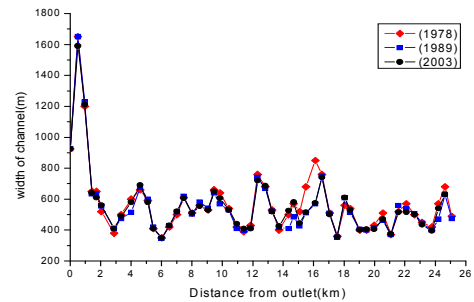


그림 5 섬진강 하류 하폭의 변화

표 2 각 지점별 유사 이송량

하구로부터 터거리(k m)	하상변화 (ft)	유사 이송량(tons/day)						하구로부터 터거리(k m)	하상변화 (ft)	유사 이송량(tons/day)					
		clay		silt		sand				clay		silt		sand	
		침식	퇴적	침식	퇴적	침식	퇴적			침식	퇴적	침식	퇴적	침식	퇴적
25.080	2.63	0	0	0	0	-	526.	11.860	6.63	0	0	0	0	-	718.
24.200	-0.87	0	0	0	0	480.	-	10.940	3.94	0	0	0	0	-	417.
23.030	0.55	0	0	0	0	-	618.	9.850	-5.59	0	0	0	0	417.	-
21.950	0.95	0	0	0	0	-	561.	9.060	0.46	0	0	0	0	-	325.
20.990	0.99	0	0	0	0	-	360.	8.010	2.82	0	0	0	0	-	475.
20.550	3.70	0	0	0	0	-	511.	7.010	11.84	0	0	0	0	-	417.
19.980	0.40	0	0	0	0	-	554.	6.010	8.52	0	0	0	0	-	224.
19.030	-0.03	0	0	0	0	621.	-	5.100	2.04	0	0	0	0	-	152.
18.050	-0.36	0	0	0	0	791.	-	4.000	2.51	0	0	0	0	-	6.
17.050	-5.16	0	0	0	0	1053	-	2.870	0.21	0	0	0	0	-	-
16.110	-3.72	0	0	0	0	1121	-	2.050	-2.31	0	0	0	0	-	-
15.080	0.46	0	0	0	0	-	931.	0.950	-0.24	0	0	0	0	-	-
13.750	1.35	0	0	0	0	-	756.	0.000	-2.58	0	0	0	0	-	-
12.820	-4.73	0	0	0	0	907.	-	계		0	0	0	0	5,390	7,551

표 2는 섬진강 하류의 지점별 유사 이송량 및 누가 이송량을 나타낸 것이다. 이를 분석해 보면 하구로부터 16.11-19.03 km 구간을 제외하고는 전반적으로 각 지점에서 퇴적이 예견된다. 연구 대상 구간 전체에서 세굴량 보다는 퇴적량이 2,126 tons/ day가 더 많은 점을 고려해보면 섬진강의 하상은 골재 채취로 인하여 저하되었으나 골재 채취 이전으로 하상으로 점점 높아지고 있는 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

섬진강 하류(하구에서부터 상류로 약 25km 구간)의 하상변동을 분석하였다. 기 변화된 하상에서 무차원 소류력, 대표 입경, 마찰속도 등의 변수를 활용해 하도의 안정성을 평가해본 결과 본 연구의 하도구간에서는 전반적으로 하상이 상승하는 양상을 나타내고 있다. 또한 1978년~1989년까지의 하상변동 폭은 평균하상고의 변화로 볼 때 최대 약 6 m까지 저하되었으나 1989년~2000년의 변동 폭은 전 구간에서 약 0.5 m 내외로 저하 또는 상승함으로써 비교적 변화가 작은 판단되며 이는 1998년까지 골재 채취가 행하여진 것을 고려하면 섬진강의 하상 변화의 주요인은 골재 채취인 것으로 판단된다. 한편, HEC-6 모형을 섬진강 하류에 적용하여 장기 일차원 하상변화를 예측한 결과 전 구간에서 주로 퇴적이 발생하였다. 이러한 점을 종합하여 볼 때 섬진강 하류의 하상은 안정되어 있지 않고 현재 계속 상승하는 쪽으로 변화하고 있는 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 건설교통부(1978, 1989, 2003). 섬진강수계하천정비기본계획.
2. 건설교통부(2002). "하도정비지침 : 안정하상설계".
3. 건설교통부(2006). "섬진강·영산강유역조사".
4. 섬진강환경정책협의회(1999). "섬진강의 환경".
5. 고수현, 송인렬, 심창석(2004). 유사량 산정공식에 따른 유사 및 하상변동 예측에 관한 연구, 한국환경과학회지, 제13권, 제3호, pp. 263~277.
6. 강경석, 박문현, 김서영, 김국일, 박봉진(2006). 문산천의 장단기 하상변동 분석.
7. 남선우(1978). 하천의 유사량과 하상변동에 관한 연구, 한국수문학회지, 제11권, 제1호, pp.47~58.

8. 박정웅(1984). 홍수시 하상변동에 관한 연구, 한양대학교 공학박사학위논문.
9. 안상진, 윤석환, 백남대(2002). 수치모형을 이용한 하상변동 예측, 한국수자원학회논문집, 제35권, 제6호, pp.693~701.
10. 우효섭, 유권규(1991). 하상변동 예측모형의 비교분석, 한국건설기술연구원
11. 이남주, 황승용, 이삼희(2007). HEC-6 모형을 이용한 낙동강 하회지구 하상변동 예측에 관한 연구, 한국수자원학회학술발표회논문집, pp.1665~1669.
12. 한국수자원공사(1997). "취수구 유사유입 저감기법 개발연구(2차년도)".
13. US Army Corps of Engineering, Hydrologic Engineering Center(1991), "Scour and Deposition in River and Reservoirs(HEC-6)".