

하도의 이동성 감소에 따른 하천 지형의 변화 연구 :

지석천을 대상으로

Effects of Fluvial movement Decrease on Channel Morphology Change : a Case of the Jiseok River

옥기영*, 이삼희**

Giyoung Ock, Samhee Lee

요 지

지석천 중하류는 영산강의 제1지류로서 전라남도의 화순을 가로지르는 국가하천 구간이다. 이 구간(대초천 합류점 ~ 화순천합류점)의 하천경사는 약 1/640 이며, 하천주변에는 충적평야가 발달해 있다. 이와 같은 하도의 하상재료는 자갈/모래의 혼합사가 분포하는 것이 일반적인 특성이지만, 2005년 현재 선격자법에 의한 조사결과 평균입경(d_{50})은 8cm 전후의 작은호박돌/매우굵은자갈로 구성되어 있는 특이성을 보이고 있다. 문헌에 따르면 1978년 하상재료의 평균입경은 1.59 ~ 2.23cm로서 20여년동안 하상재료는 매우 조립화되고, 하상은 장갑화되었음을 확인할 수 있었다. 이러한 현상은 지석천 유역의 농업화와 도시화에 따른 하도정비 및 유황의 변화에 기인한 것으로 여겨진다.

본 연구에서는 항공사진 분석 및 현장조사를 통하여 하천지형학적 변화와 사주의 식생피복상태의 변화에 대한 분석을 수행하여 하도특성변화를 정량적으로 분석하고자 하였다. 결과적으로 지석천에서 하천의 역동성이 크게 감소함으로써 다지형(망상) 하도로 하도선형이 변화하고, 식생사주의 면적이 확대되었으며, 하상저하가 발생함을 확인하였다.

핵심용어 : 하도특성, 지석천, 하천지형, 하상재료, 하상변동

1. 서론

하천은 경관생태학적으로 상류에서 하류까지 종적으로 연결되는 연속성을 갖는 열린 계이며, 물 뿐만 아니라 유사, 물질, 생물, 정보가 이동하는 선형의 통로이다(이도원, 2001). 특히 유사이송에 따른 토사분급을 이루는 충적하천에서 하도의 지형학적 변화는 자연스러운 현상으로서 홍수와 같은 자연교란에 의해 하상변동과 같은 하도의 중단적 변화와 하도선형 변화, 중규모 하상과 변화와 같은 평면적 변화가 지속적으로 반복되며 평형을 이루게 된다. 그렇지만 과거부터 관행적으로 이치수 위주의 하천정비를 수행하면서 이러한 하도의 지형학적 변화를 억제·제어하고자 하여 현재에는 적지않은 역기능을 가져오고 있다(이삼희, 2005).

하도내에서 나타나는 인위적 교란으로는 하도내 설치된 하천시설물에 의한 영향 및 하도내 굴착과 준설행위가 있다. 상류에 하천시설물(댐, 보, 저수지, 교량) 설치로 인한 하상변동 및 하천연속성 단절, 그리고 호안을 수반하는 하천정비로 인한 유로변경, 제방증고, 하폭확장 등에 따른 평면적 고착화는 하도의 지형학적 변화 뿐만 아니라 이에 수반한 생물서식처 조건도 변화시키게 된다. 국내 연구에 따르면 상류 댐건설로 인한 유황변화가 하류의 하도 및 사주의 형태변화, 식생활착 등에 영향을 주고 있음이 보고되었으며(최성욱 등, 2003), 이로 인해 발생한 식생사주(식생으로 점유된 사주)의 배치와 밀도는 다시 하도내 유사의 퇴적과 세굴에 영향을 미치게 되

* 정희원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원 ockgy@kict.re.kr

** 정희원·한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원 samhee.lee@kict.re.kr

이 하도내 지형학적 변화를 유발한다고 연구되었다(한국건설기술연구원, 2000; 李參熙 등, 1999).

하도내에 이러한 인위적 교란이 발생하게 되면, 홍수와 같은 자연적인 교란은 감소되고, 유량과 유사량이 조절되는 등 하천의 역동성이 감소하게 된다. 본 연구에서는 과거 수십년동안 하도내에서 행해진 인위적인 정비로 인해 하도의 지형이 어떻게 변화되었는지를 연구하고자 하였다. 이를 위하여 전남 화순군의 지석천 국가하천구간을 대상으로 과거와 현재의 항공사진 분석, 현장조사, 하도특성 조사와 문헌자료 등을 이용하여 그 변화정도와 변동량을 정성적, 정량적으로 분석하였다.

2. 연구대상 하천 개황

대상하천인 지석천은 영산강의 제1지류로서 전라남도 화순군 이양면에서 발원하여 화순군과 나주시를 거쳐 나주시 금천면에서 영산강 본류로 합류하는 하천으로, 하천연장은 약 53 km 이다. 본 연구의 조사구간은 전남 화순군 관내에 위치한 국가하천구간으로 대초천합류점에서 화순천합류점까지로서 약 5.4 km 구간길이를 가지며, 상류에서부터 화순천, 도곡천, 신곡천, 대초천 등의 지류가 합류한다. 평균하폭은 약 200 m, 하상경사는 약 1/640이다.

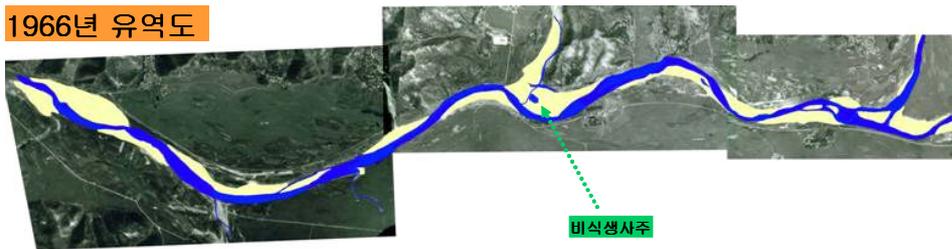
본 구간의 시점은 지석천 하구에서부터 약 16 km 떨어져 있으며, 유역내에는 농업용수 확보를 위해 소수의 저수지 및 취수보가 존재하며, 지천 상류의 소규모 농업용 저수지를 제외하고는 본류에 대형 댐은 존재하지 않는다. 유역내 능주강우관측소 및 능주수위표가 존재하며 평균강수량은 1,218 mm이며, 최대 연강수량은 1985년 2,253 mm가 관측되었다. 제내지 토지이용은 충적평야지에 대부분 벼농사위주의 농경지로 이루어져 있으며, 이를 위해 취수보(구간내 1개, 구간 상류부 3개)가 설치되어 있다.

3. 항공사진을 통한 하천의 지형변화 분석

본 연구에서는 지석천을 대상으로 시간경과에 따른 하도특성의 변화를 정성적, 정량적으로 파악하고 그 원인을 조사하기 위하여, 기 존재하는 최고(最古) 및 최근(最近)의 항공사진을 입수하여 비교연구를 수행하였다. 국토지리정보원을 통해 수집된 항공사진은 지석천 하천정비가 실시되기 전인 1966년과 최근 2002년의 자료이다. 이를 이용하여 약 40년 동안의 하천의 지형학적 변화(평면변화 위주)를 조사하기 위하여 최소한의 공간보정을

수행하였다.

1966년 유역도



2002년 유역도



3.1 정성적 분석

과거 1960년대에는 하천정비 및 경지정리가 시행되기 전으로 지석천은 자연하도의 특성을 나타내고 있다. 하도의 평면 형태는 전체적으로 자연스런 사행을 이루고 있으며, 만곡부에서는 점사주가 나타나며, 하도의 양안에는 교호사주가 순차적으로 발생하고

그림 1 항공사진을 통한 지형분석 현황

있으며, 식생은 활착되지 않았다. 제내지는 대부분 산지 및 나지의 토지이용을 보이고 있다.

그렇지만 40여년이 지난 2000년대에는 인위적인 하천정비로 인해 하천의 평면변화가 제한됨으로써 저수로는 보다 직강화된 흐름을 보이고 있다. 또한 전체적으로 사주의 면적이 증가하였고, 대부분의 사주에는 식생이 활착되어 있었던 등 높은 식생밀도를 가지고 있었다. 하도선형은 저수로가 여러갈래로 갈라진 망상하도(다지형하도)의 형태를 보이는 등 과거와는 매우 다른 지형적인 변화를 보이고 있다. 표 1은 이러한 정성적인 비교를 정리하여 보여주고 있다.

표 1 항공사진을 통한 지식천의 하천지형 변화

	1960년대 하천형태	2000년대 하천형태
제내지 토지이용	산지 및 취락	농경지
제방형태	자연제방	하천정비로 인해 인공제방
하도형태	사행을 유지	다지형(망상)하도/직선하도
사주형태/식생활착	점사주 및 교호사주 사주내 식생활착 없음	정지사주 사주내 대부분 식생활착
저수로 형태	비교착화	고착화

3.2 정량적 분석

정성적으로 비교된 경년적인 변화를 보다 정량적으로 나타내기 위하여 다음과 같은 정량적인 분석을 시도하였다.

3.2.1 저수로 만곡도 분석

동일축적으로 보정된 항공사진에서 저수로를 추출한 후, 주기적인 사행을 유지하는 연결된 두 구간을 분리하여 만곡도(sinuosity)를 계산하였다. 만곡도란 통상 ‘하천의 최심선 길이와 직선거리의 비’로서, 1966년의 1.21 이었던 값이 2002년 1.10 으로 줄어들어, 약 9.2 % 정도 감소한 것으로 분석되었다.

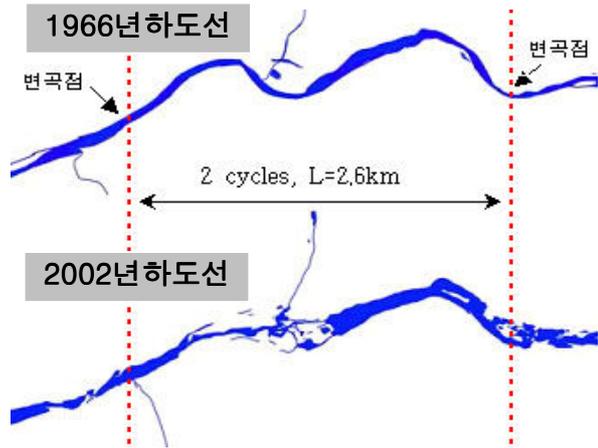


그림 2 저수로 만곡도 분석

3.2.2 사주 면적 및 식생활착을 분석

항공사진에서 보여지는 사주의 변화는 지식천 하도 특성의 두드러진 변화로서, 사주의 증가면적 및 식생활착량을 공간분석을 통하여 계산하였다. 표 2에서 보여지듯이 40여년이 지나면서 지식천의 사주면적은 392,426 m²에서 474,847 m² 로 약 25% 증가하였다. 또한 1966년에는 식생이 거의 없던 사주가 2002년에는 전체사주면적의 약 97%가 달뿌리풀이나 갈대와 같은 고경초본류 식생으로 점유되었다.

표 2 사주변화 및 만곡도

		1966년	2002년	비 고
사주 면적 (m ²)	비식생사주	392,426	15,832	사주면적 25% 증가 식생활착율 97%
	식생사주	0	474,847	
만곡도		1.21	1.10	사행하도의 망상화

결과적으로 사주의 형태는 점사주 및 교호사주에서 망상하도의 정지사주 형태로 변화하면서 사주의 면적이 증가하고 식생의 활착이 활발해지면서 점점 육역화되어 가고 있는 등 하천의 역동성이 감소하였다.

4. 하상재료 및 하상변동 분석

하도란 물과 유사를 소통시키는 제방을 포함한 수로로서, 물과 유사의 시공간적인 변화와 하상재료, 유역으로부터 유입되는 유사에 의해서 그 특성이 결정된다. 특히 자연성이 유지된 충적하천의 경우 하도는 물

과 유사의 에너지 분급에 의해 평면적으로 사형을 하며 흐르게 된다. 이러한 하도는 유량, 하상경사, 유사량, 하상과 제방의 유수에 대한 저항, 지형, 지질, 인간활동에 따라 그 특성이 달라지게 되고, 이들 인자는 상호간에 관계를 맺으면서 하도특성을 규정짓게 되고, 인자의 중요도에 따라 하도의 물리적인 특성을 달리하게 된다(山本晃一, 2004)

상기의 항공사진 분석을 통하여 나타난 바와 같이 지식천은 과거와 비교하여 그 하도의 평면적인 형태(하도 선형, 사주형태)가 크게 변화함으로써 하천의 역동성이 감소하였다. 본 연구에서는 이러한 하천의 지형학적 변화에 대한 원인을 파악하기 위하여 하상재료 조사와 하상변동조사를 실시하였다.

4.1 하상재료 조사

하상재료의 입경분석을 통한 하도특성을 파악하기 위하여 현장에서 하상재료조사를 실시하였다. 하상의 대부분의 주재료가 자갈로 구성되어 있어서 선격자법을 이용하여, 구간 내 약 0.7-1.0 km 거리차를 두어 5곳의 조사 지점을 선정하였다. 조사지점의 선정기준은 수제부의 세립자로 덮힌 곳을 피하여, 직전 홍수에 재료가 반응한 곳으로서, 구체적으로 횡단구조물에 의한 자연적인 유사분급의 영향이 미치지 않고, 저수로내 이동성이 명확하고, 식생이 활착되지 않은 사주지역을 삼았다.



그림 3 조사구간의 대표적인 하상재료

지식천의 하상경사(1/640)를 고려할 때 자갈/모래의 혼합사가 분포하는 것이 일반적이

지반(山本晃一, 2004), 현장조사 결과 평균입경(d_{50})은 70-91 mm로서 약 8 cm전후의 작은호박돌/매우굵은자갈로 구성되어 있었으며, 상류에서 하류까지의 종적인 차이는 보이지 않았다. 또한 과거 조사(전라남도, 1979) 자료에서 나타난 동일구간의 평균입경은 16-22 mm의 중간자갈 크기로서, 시간이 흐르면서 하상재료의 크기는 4~5배 정도 매우 조립화 되고 있음을 알 수 있었다.

표 3. 선격자법에 의한 하상재료조사 결과

	d_{25}	d_{30}	d_{50}	d_{75}
S1(No.57)하류	53	59	85	128
S2(No.63)	44	46	71	109
S3(No.69)	42	46	81	117
S4(No.77)	33	35	70	114
S5(No.83)상류	45	55	91	130

이러한 결과는 과거자료 및 해당 하상경사를 고려했을 때, 고유의 하상재료 형태에서 변형된 것으로서, 유역에서의 유사유입의 차단, 하천시설물에 의한 유사이송의 변화와 같은 인위적 하도환경 변화에 따라 지형학적 변화를 유발하고 있음을 나타내고 있다.

4.2 하상변동 조사

본 하상변동조사에서는 과거 조사된 평균하상고 자료(건설부, 1988; 건설교통부, 1998)를 이용하여 10년동안의 하상변동을 조사하였다.

그림 4에서 보듯이 지천합류부를 제외하고는 전체적으로 하상저하가 나타나고 있다. 하상변동량은 -1.96 ~ 2.13 m(평균 -0.19 m)로서 구간내에서 약 4 m의 변동폭을 보이고 있다. 이러한 하상변동은 구간내 도곡보를 전후하여 하상변동이 주기적으로 나타나고 있으며, 도곡보 하류에서는 순차적인 하상저하(rotational degradation) 현상을 보이고 있다. 또한 국소적으로 지천 합류부에서는 지천사주의 발달과 하폭의 변화로 인해 하상이 상승하고 있음을 알 수 있다. 그림4에서 화순천 합류부의 경우 10년동안 약 2 m가 상승했음을 보여주고 있다. 실제로 도곡천 합류부와 화순천 합류부의 현장조사 결과 지천사주 및 정지사주가 매우 발달했음을 확인할 수 있으며, 이로 인해 하도선형이 다지형하도로 변화하고 있음을 항공사진 분석을 통하여 정량적으로 알 수 있었다.

하천정비로 인하여 하도의 평면적 변화를 제한함에 따라, 하도변화는 종단적인 하상변동을 더욱 크게 유발하

게 되었다. 지식천의 경우도 마찬가지로 전체적인 하상저하 및 국소적인 하상상승이 발생하고 있는 등 지형적인 변화가 진행되고 있음을 나타내고 있다.

5. 결론

과거 하천정비는 시대적인 필요에 맞게 홍수방어 및 용수공급을 위한 목적으로 진행되어 왔다. 그 결과 홍수로 인한 인명과 재산피해가 경감되

고, 도시화와 산업화를 위해 필요한 용수공급은 늘어나게 되었지만, 하천정비의 획일화와 하도의 직강화 등으로 인해 하천의 지형학적인 변화를 가져오게 되었다. 이러한 물리적인 변화는 대부분 하천환경에 부정적인 영향을 야기하여 하천의 생물 서식공간은 손상되고, 수질이 악화되는 등 하천환경의 질적 저하를 가져오게 되었다.

이러한 변화는 지식천에도 나타나게 되었으며, 과거와 현재의 지식천의 항공사진 비교분석을 통하여, 하도선형과 사주형태와 같은 하도의 지형학적 형상이 변화되었음을 알 수 있었다. 항공사진의 정성적, 정량적 분석을 통하여 하도선형은 사행에서 망상으로 갈라졌으며, 만곡도는 10 %가 감소하였고, 사주는 25 %가 증가하였고, 약 97 % 사주에서 높은 밀도로 식생이 활착하여 육화되고 있음을 파악하였다.

이러한 하도의 지형적 변화를 하상재료 및 하상변동을 통하여 조사해 보았다 과거부터 수십년간 지식천의 하상재료의 크기는 4~5배 정도 조립화가 진행되고 있었으며, 이로 인해 유사의 이동이 제한되고 있었음을 알 수 있었다. 지식천에서 전체적으로 하상이 저하되고 있지만, 국지적으로 지천합류부에서는 지천사주 및 고정사주가 발달하여 하상을 상승시키고 있음을 파악하였다.

본 연구는 하상재료 변화와 하상변동이 하도선형변화 및 사주발달형태와 밀접한 관련을 갖고 있음을 보여주고 있다. 향후 장기적인 하천의 지형학적 변화를 예측하고 이에 대한 문제를 해결하기 위해서는 하상재료 및 하상변동을 포함한 여러 요소간의 상호작용을 고려해야 할 것이다.

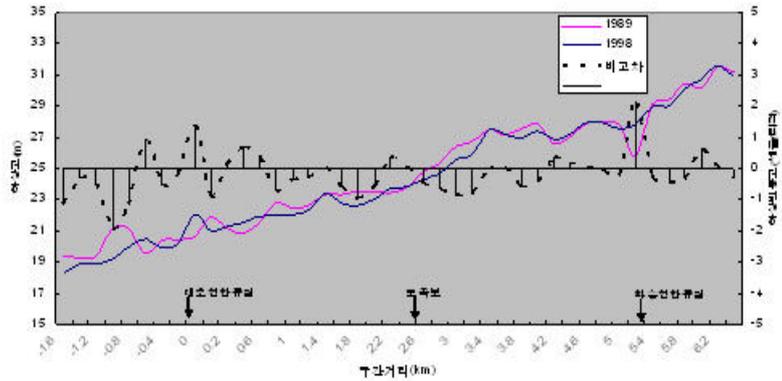


그림 4 지식천의 평균하상고 및 하상변동량

참고문헌

1. 건설교통부 (1998), 영산강 하천정비기본계획(보완), 건설교통부 보고서
2. 건설부 (1988), 지식천 하천정비기본계획, 건설부 보고서
3. 이도원 (2001), 경관생태학, 서울대학교 출판부
4. 이삼희 (2005), “방제에 입각한 하천살리기의 기본방안”, **한국방재학회지**, 한국방재학회, 2005-6
5. 전라남도 (1979), 지식천 하천정비기본계획, 전라남도 보고서
6. 최성욱, 윤병만, 우효섭, 조강현 (2004), “댐건설에 의한 유황변화에 따른 하류하도에서 하천지형학적 변화 및 식생피복의 변화: 황강 합천댐 사례”, **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제37권, 제1호, pp55-66
7. 한국건설기술연구원 (2000), **하도식생에 의한 하도수리특성 예측모형 개발**, 건기연 2000-094
8. 李參熙, 藤田光一, 山本晃一 (1999), “자갈상 하도에서의 안정식생역 확대의 시나리오-다마천 상류를 대상으로 한 사례분석”, **일본토목학회, 수공학논문집**, 43권 pp 977-982
9. Rogen D. (1996), *Applied River Morphology*, Hilton Lee Silvey, USA