

항공사진과 GIS기반의 하천 시계열 분석

Analysis of Temporal River Change using Aerial Photographs and a GIS

박은지* · 김계현

Eunji Park, Kye Hyun Kim

인하대학교 공과대학 지리정보공학과 석사과정* ethel_126@inhaian.net

인하대학교 공과대학 지리정보공학과 교수 kye Hyun@inha.ac.kr

요 약

근래에 들어 급속한 산업화에 따라 하천 고유의 특성을 간과한 채 개발 위주의 하천 정비 사업이 시행되고 있으며 이는 하천의 인공화 및 생태계의 교란 등 많은 문제점을 낳고 있다. 이에 따라 하천 및 하도 환경에 미치는 영향이 심각할 뿐만 아니라 홍수 피해 또한 급격히 증가하고 있다. 지금까지의 치수 위주의 하천 정비를 벗어나 친환경적인 하천으로의 복원 사업이 필요한 실정이며, 이는 새로운 하천 관리 기술의 도입이 필요함을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 항공사진과 GIS기반의 하천 시계열 분석을 수행하여 새로운 하천 관리 기술 도입에 응용할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다. 분석을 위하여 댐 하류의 하천교란 및 적응현장 시범지역을 선정 후 대상 지역의 항공사진을 GIS화하여 하천 교란 실태를 분석하는 데에 필요한 저수로와 제방 및 기타 자료를 shape 파일 형태로 생성하였다. 생성된 자료를 바탕으로 하천의 사행도 및 유로 변동 현황 분석을 실시함에 따라 하천의 변화 양상을 확인하였으며 대상 하천의 사행도 및 저수의 구체적인 제방 수치를 제시할 수 있었다. 또한 분석 결과를 바탕으로 현재 이루어지고 있는 하천의 정비 및 복원 사업이 하천의 흐름에 어떠한 영향을 미치는 지 예측을 가능하게 하였다. 본 연구에서 규명된 경년별 하천 형태의 변화 추세와 하천 부지의 물리적 특성 변화 양상을 기본 자료로 한다면 하천 관리에 있어 수리·수문학적 분석이 용이하리라 사료된다. 향후 연구에서는 GIS기반의 하천 관리 방안 수립에 대한 심층 연구가 뒤따라야 할 것이다.

1. 서 론

우리나라의 하천은 평수량 및 갈수량의 크기는 대단히 작은 반면에 홍수량은 대단히 커서 연간 하천 유량의 변동이 극심함에 따라 우리나라 수자원 개발 및 관리라는 측면에서 불리한 실정이다. 또한 근래에 이르러 급속한 산업화에 따라 개발 위주의 정책이 주로 실시되었고 이에 따라 이수와 치수, 환경 등 하천의 3가지 기능이 조화롭게 균형을 이루지 못 하고 치수 위주로 정비되어 온 것이 사실이다. 그 결과 작은 지천들은 토지 이용성을 높이기 위하여 복개되었고, 자연 사행 하천들

은 직강화 되었으며, 하천 변의 수목이 벌목되었을 뿐만 아니라 자연형 제방이 아닌 콘크리트 제방과 콘크리트 블록이 건설되었다. 이로 인하여 하천의 자정 능력은 점차 감소하였고, 산업화에 의한 폐수들의 하천 유입이 발생하는 등 하천 생태계에 심각한 문제가 발생하였다. 이러한 상황을 극복하기 위해서는 기존의 치수 위주의 하천 정비를 벗어나 인간의 생존과 하천환경 모두를 고려한 새로운 하천 관리 방안의 수립이 시급하다. 따라서 본 연구에서는 항공사진과 GIS기반의 하천 시계열 분석을 수행하였으며 분석 결과를 새로운 하천 관리 기술 도입에 응용할 수

있는 방안을 제시하고자 한다. 과거부터 현재까지 하천의 변화 양상이 뚜렷하고, 하천 교란이 나타나는 지역을 연구 대상 지역으로 선정한 후 대상 하천의 연도별 저수로 및 제방 데이터들을 GIS화하여 시계열 분석을 수행한다. 연구 결과를 바탕으로 대상 하천의 경년별 형태 변화 추세와 하천 부지의 물리적 특성 변화 양상을 규명하고 이를 바탕으로 하천 관리 방안 수립에 이바지하고자 한다.

2. 연구내용

2.1 연구대상지역

본 연구의 대상 지역은 산지가 많고 하폭이 넓고 평탄하나 유출량이 불규칙하고 매년 홍수의 피해가 큰 낙동강 유역 중 안동시 인근의 낙동강 지류를 선정하였다.

낙동강 유역은 한반도 남동부에 위치하며 북쪽으로는 한강 유역, 서쪽으로는 금강 및 섬진강 유역과 접하고 동쪽으로는 태백산맥이 동해안 유역과 분수령을 형성하고 있으며, 유역 면적은 23,817km², 유로 연장은 521.5km로 우리나라 국토 전체 면적의 24.1%를 차지하고 있는 국내 제 2의 하천유역이다. 부산광역시 일부와 대구광역시 및 강원도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도의 일부 지역이 포함되어 있으며, 총 2광역시, 5도, 20시, 24군으로 형성되어 있다. 낙동강 유역의 연평균 강수량은 1079.5mm로 전국의 평균 강수량과 비슷하지만 우기인 6월~9월 동안의 강수량이 연평균 강수량의 64%, 건조기인 10월~익년 5월까지의 36%로 우기에 집중되는 현상을 보인다. 또한 우기인 6월~9월 사이에는 북동진하는 태풍의 진로에 속하여 많은 기상기후 재해 피해가 발생하였으며 연내 일 최대강수량을 기록하는 날과 최대풍속, 순간최대풍속 발생일이 모두 태풍이 발생하는 8~9월에 집중되어 있다.

선정된 연구대상지역은 경상남도 안동시 풍천면을 가로지르는 낙동강의 지류로

써 유로의 연장이 12km에 해당하는 구간으로 안동댐과 임하댐 하류에 위치한다. 안동 하회마을 주변 지역에 사행하천이 흐르고 있으며, 연평균강수량이 집중되어 있는 우기에 유로의 변동의 큰 지역이다 (그림 1).

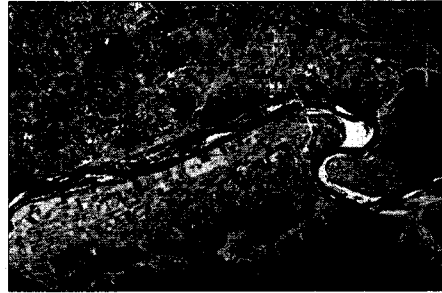


그림 1. 연구대상지역

2.2 분석 기초 자료 검토 및 선정

본 연구에서는 시간의 흐름에 따른 하천의 유로 변동 및 하폭 변화를 확인하기 위해 하천의 평면 분석을 수행하였다. 분석을 위해 좁은 대상 지역의 면적과 시계열 분석 수행을 고려하여 항공사진을 기초 자료로 선택하였다. 높은 공간 해상도를 가지고 있으며 일정 기간에 동일 지역을 촬영하는 항공사진은 시계열 분석에 용이하며, 저수로 및 제방의 변화를 분석하기 위해 필요한 높은 공간 해상도를 가지고 있다. 항공사진에 좌표값을 설정해 주기 위한 보완 자료로 수치지형도를 선정하였다.

2.3 분석 방법

분석 기초 자료로 선정한 항공사진은 높은 해상도를 갖고 있지만, 그 용량이 커 원본을 그대로 사용할 경우 시간 소요가 크다. 따라서 본 연구에서는 저수로의 경계 파악이 가능하며 연구의 효율성을 높일 정도로 자료의 용량을 줄이는 작업을 수행하였다.

항공사진을 작업에 필요한 사진 형태로 변경하는 작업을 마친 후에는 표준 좌표

계인 TM 좌표계를 적용하였다. 대상 지역의 경도가 128도 26분 ~ 128도 31분으로 모두 128도 이상이므로 TM 동부 좌표계를 사용하였다. 본 연구에서는 그 목적이 지표면 상의 모든 대상물의 변화를 도출하는 것이 아닌 시간에 흐름에 따른 특정 하천의 이동 양상을 분석하는데 있으므로 비용 및 시간을 절감하고 효율성을 높이기 위해 대상 하천을 중심으로 좌표계를 설정하였다.

하천의 시계열 분석을 위해서 연도별 저수로와 제방, 분석의 기준이 되는 기준선 및 연도별 하천의 중심선을 shape 파일 형태로 추출하였다. 이는 항공사진을 직접적으로 비교하여 하천의 변화를 분석하는데 드는 시간의 소요를 줄일 뿐만 아니라, 정밀한 연도별 비교를 위함이다.

연도별 하천의 저수로 및 제방 shape 파일의 경우, 하천 평면 분석의 기본이 되며 정밀함이 가장 요구되는 자료이기에 기타 지형과의 올바른 분류를 위해 인력으로 디지털화 과정을 거쳐 추출하였다. 인력에 의한 추출 과정의 정확도를 높이기 위해 본 연구에서는 'GIS기법을 이용한 하천 교란 실태의 분석(I)'[1]에서 적용한 바 있는 기준을 일관되게 적용하여 파일을 추출하였다(그림 2).

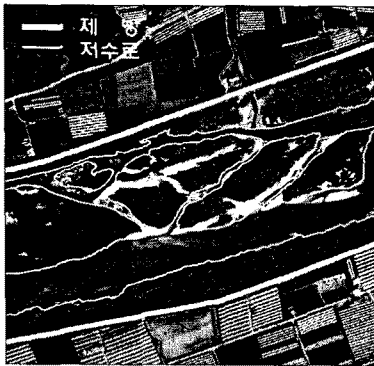


그림 2. 저수로와 제방의 예시

저수로와 제방 외에, 연도별 비교를 위해 추출한 하천 기준선은 일정한 구간으로 해당 하천을 나누어 분석의 일관성을 유지하게 한다. 본 연구에서는 낙동강 하

천정비기본계획(보완Ⅲ)[2]에서 제시한 기준선을 동일하게 사용하되, 다른 자료와의 연계 분석을 위해 이를 shape 파일화 하였다. 또한 연도별 저수로의 이동 양상을 분석하기 위해, 저수로의 중간 지점을 연결한 하천 중심선을 추출하였다. polyline shape 파일 형태로 작성된 하천 중심선은 시간의 흐름에 따라 해당 하천의 주 흐름이 어떠한 방향과 형태로 변동되었는지를 보여주는 자료이다. 저수로 및 제방 shape 파일과 마찬가지로 하천 중심선의 추출에 있어 정확도를 높이기 위하여 수행된 디지털화 과정에서 역시 'GIS기법을 이용한 하천 교란 실태의 분석(I)'[1]에서 적용한 바 있는 기준을 일관되게 적용하여 파일을 추출하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 하천의 사행도 분석

시간의 흐름에 따른 대상 하천의 변화 양상을 파악하기 위해 사행도 분석을 수행하였으며 그 도출 과정은 다음과 같다. 생성한 기준선 레이어를 바탕으로 하천의 직선거리를 측정한 후, 연도별 저수로와 제방 레이어의 좌, 우안 각각의 곡선거리를 측정하여 그 비율을 계산한다. 이 과정을 통하여 계산된 대상 하천의 사행도는 다음 표 1과 같다.

표 1. 대상 하천의 연도별 사행도

연도	제방		저수로	
	좌안 사행도	우안 사행도	좌안 사행도	우안 사행도
1971	1.37	1.46	1.61	1.58
1980	1.36	1.47	1.58	1.51
1991	1.35	1.45	1.59	1.55
2005	1.36	1.46	1.60	1.57

해당 하천의 제방 사행도는 좌안 평균 1.36, 우안 평균 1.46로 제방에 의해 규정된 하천의 굴곡 변화가 직선 하천에 비하여 심하게 있음을 알 수 있지만 최대값과

최소값의 차이가 0.01~0.02내외로 시간에 흐름에 따른 사행화 진행 양상은 그리 크지 않음을 알 수 있다. 저수로의 경우 사행도가 좌안 평균 1.56, 우안 평균 1.55로 제방과 마찬가지로 해당 하천의 굴곡 변화가 큼을 알 수 있다. 그러나 연도에 따른 사행도의 편차가 비교적 적었던 제방과 비교 시 최대값과 최소값의 차이가 0.03에서 0.07에 이르는 것을 보아 저수로의 굴곡 변화는 제방에 비하여 더 진행되었음을 확인할 수 있다. 특히 연도별 평균 강수량의 차이가 컸던 1971년, 1980년, 1991년의 경우 사행도의 편차가 확연히 구별된다. 이는 연평균 강수량과 그에 수반하는 하천수 유입량에 따라 저수로의 사행화 변화가 큼을 확인할 수 있는 결과이다.

3.2 하천 평면 변동 특성

하천의 평면 변화를 분석하기 위하여 추출한 각 연도별 저수로 파일과 제방 파일을 기준선에 의한 구간별로 비교해 본 결과, 특정 구간을 제외한 대부분의 하천

에서 시간에 따른 흐름 변화가 크게 있음을 알 수 있다. 모든 연도의 저수로를 동시에 중첩하여 보면 연도별 저수로의 구분이 용이하지 않으므로 그림 3(a)와 같이 연도별 저수로 레이어를 폴리곤 화하여 중첩한 후 구간별 변화 양상을 비교하였다. 비교 결과 기준선 620번에서 621번 구간, 629번에서 630구간, 634에서 635구간, 636에서 637구간의 경우 그 변화가 다른 구간에 비해 적음을 확인할 수 있다. 해당 구간의 경우, 과거로부터 현재까지 제방 설비가 지속적으로 유지되고 있음에 따라 비교적 안정적인 하천의 흐름을 보여준다. 반면, 그 외의 구간에서는 시간에 따른 하천의 평면 형태의 변화가 큼을 역시 확인할 수 있다. 특히 기준선 620번에서 627번까지의 구간은 연속 저수로의 비교를 통해 좀 더 확연히 구분할 수 있으며 하천의 흐름 및 유사의 이동으로 따라 저수로 중간에 섬들의 생성 및 크기의 변화, 제외지 지역의 확연한 변화를 볼 수 있다. 또한 1971년에서 1980년 사이에 기

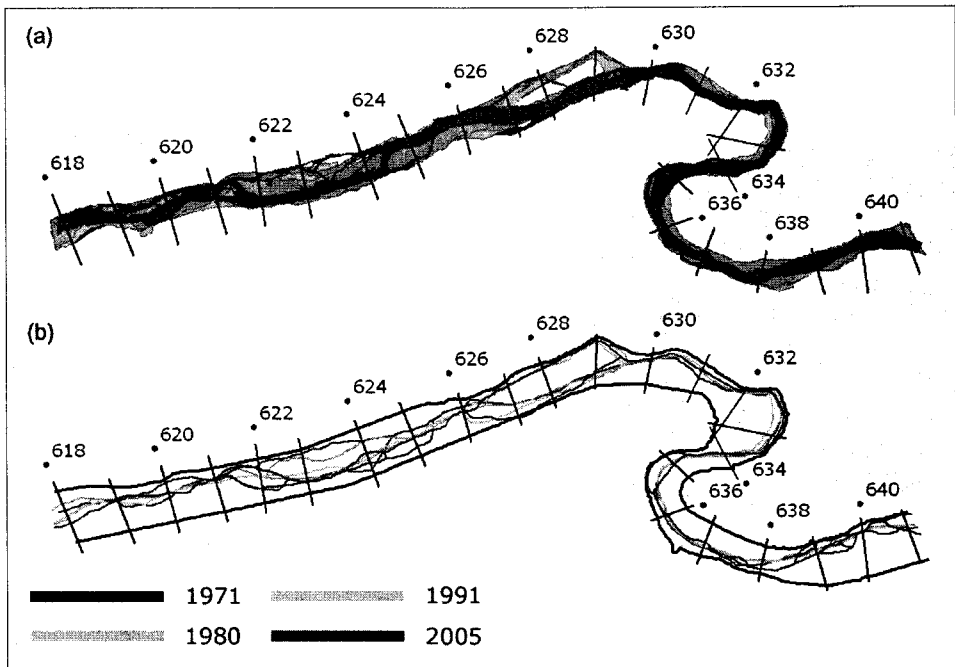
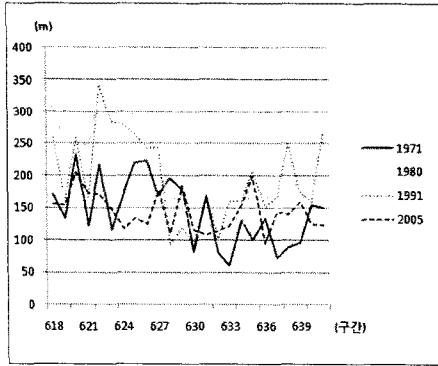
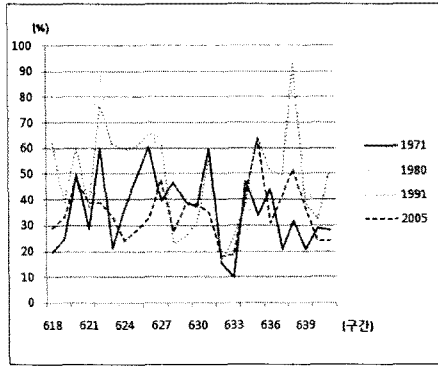


그림 3. 연도별 저수로의 양상 변화



(a) 저수로 폭 비교



(b) 저수로/제방 폭 비율 비교

그림 4. 저수로 폭 비교

준선 618번부터 625번 구간에선 제외지역의 변화가 심했지만 1980년 이후의 저수로에선 저수로 중간의 유사의 변화가 큼으로 말미암아 해당 하천의 제방 정비 작업 여부와 그 시기를 알 수 있다.

시간에 따른 해당 하천의 흐름을 조금 더 간결하게 비교하기 위해 저수로 중심선의 이동 양상을 비교하였다(그림 3(b)). 비교 결과 대상 하천의 흐름은 1981년에서 1990년까지는 비교적 큰 변화가 없지만 1981년 이전과 1990년 이후는 그 차이가 확연함을 볼 수 있다. 특히 기준선 626번에서 628번 구간의 경우 1980년을 전후로 그 차이가 크며 이로 말미암아 1980년 이후 해당 구간에 있어 유속 및 유량에 따른 저수로의 이동이 저수로의 흐름에 크게 영향을 미칠 정도였음을 확인할 수 있다. 분석 결과를 바탕으로 저수로의 변동이 특히 작은 구간을 찾으면 좌안에서는 621~623, 633~640 구간을, 우안에서는 621, 628~630, 635~640 구간 등이 있다. 이 중 621 및 635~640 구간은 좌, 우안에서 동시에 거리 변동이 적었으므로 여러 측면에서 유로 이동이 가장 적은 구간이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 사행도 분석 및 저수로의 이동 특성과 더불어 시간의 흐름에 따른 하천의 폭 변화를 분석하였다(그림 4(a),(b)). 저수로의 폭 변화는 앞에서 실시한 저수로의 변화 양상과 유사함을 보

여준다. 이는 크게 변화가 있었던 구간은 단순한 흐름의 변화뿐만이 아닌, 저수로의 형태와 제외지의 변화가 발생하여 하천 폭에도 영향을 미쳤음을 보여준다.

연도별 저수로/제방 폭 비율의 분석 결과는 대상 하천의 안정적인 흐름 여부와 유량에 따른 저수로의 폭 변화가 제방에 끼칠 수 있는 영향을 보여준다. 그림 4(b)에서 볼 수 있듯이 1980년의 기준선 622 구간 및 1991년의 기준선 638구간의 경우, 하천이 평수위 이상으로 범람함에 따라 저수로의 폭이 제방 폭에 근접한 90% 이상을 보이고 있다. 이는 해당 구간이 특정 시기에 강수량의 변화에 따라 저수로의 이동을 비롯한 범람 위험이 있었음을 보여준다. 반면 해당 지역의 제방 정비가 실시된 시기인 2000년 이후의 저수로/제방 폭 비율을 보면 최고 60%를 넘지 않는 등 안정적인 하천의 흐름이 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 항공사진과 GIS기반의 하천 시계열 분석을 수행하였다. 댐 하류의 하천교란 및 적응현장 시범지역을 선정 후 대상 지역의 항공사진을 GIS화하여 분석에 필요한 자료를 생성하였으며 하천 평면 및 단면의 변화특성을 규명하였다.

대상 하천의 사행도 분석을 통해 연구 대상지역인 안동댐 하류부의 낙동강 유역은 과거부터 현재까지 사행하천이 발달되어 있음을 알 수 있었다. 시간의 흐름에 따른 제방 및 저수로의 평면 형태 분석, 저수로 중심선의 이동 현황 분석 및 저수로의 폭 분석 등을 통하여 대상 하천의 저수로 변화와 특히 평면 변동이 큰 지역을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 활용된 하천 시계열 분석 방법은 디지털화 된 레이어의 구축으로 인해 하천 형태의 변화 추세와 하천 부지의 물리적 특성 변화 양상을 규명하는데 용이하였다. 또한, 단순히 하천의 평면 변동 양상을 조사하는데 그치지 않고, 하천의 흐름 양상을 바탕으로 과거 특정 시점에 실시된 하천 정비 사업의 결과를 파악할 수 있었다. 이는 현재 이루어지고 있는 하천의 정비 및 복원 사업이 하천의 흐름에 어떠한 영향을 미치는지 예측을 가능하게 한다.

나아가 대상 하천의 사행도 및 저수로 좌안, 우안, 총 폭 등의 구체적인 수치를 제시할 수 있어 하천 관리에 있어 수리·수문학분석을 수행할 경우 그 활용도가 매우 높을 것으로 판단된다.

그러나 본 연구는 디지털화 과정을 통한 디지털 화 레이어 구축의 시간 소요가 적지 않았다. 따라서 향후 연구에서는 본 연구에서 적용한 저수로 및 제방 레이어 추출 기준에 의거한 자동화 구축 모듈의 개발이 필요하다. 아울러 하천의 단면 변화 분석을 추가하여 본 연구 결과와 연계한다면 GIS기반의 효율적인 하천 관리 방안의 수립이 가능하리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. 박은지, 이은길, 김계현, “GIS기법을 이용한 하천 교란 실태의 분석(I)”, 한국공간정보시스템공학회지, 제10권 제2호, pp 81-82
2. 건설부, 낙동강 하천정비기본계획(보완Ⅲ), 1993
3. 이종석, 하천공학, 새문, 2003
4. 한국수자원공사, 해평취수장의 안정적인 취수 방안 연구, 2006
5. 한국수자원공사, 낙동강 본류 유로변경 예측 연구, 1997