

시계열 항공사진과 20세기 초 지형도를 이용한 경안천유역의 하천형태 및 하천부지 변화추세 분석

Analysis of River Channel Morphology and Riparian Land Use Changes using Multi-temporal Aerial Photographs and Topographic Maps of the Early 20th Century in Gyeongan-cheon Watershed

박근애* / 이미선* / 김현준** / 김성준***

Park, Geun Ae / Lee, Mi Seon / Kim, Hyeon Jun / Kim, Seong Joon

Abstract

This study is to trace the change of stream shape using the past series of aerial photographs and topographic maps, and to compare the land use changes of inland along the stream. For the Gyeongan first & second class of local stream, aerial photographs of 1966, 1981 and 2000 were selected and ortho photographs were made with interior orientation and exterior orientation, respectively. In addition, topographic maps of 1914 - 1915 were used to compare with stream of 1966, 1981 and 2000. As apparent changes of the stream, the consolidated reaches of stream with levee construction were straightened and their stream width widened. Especially the stream width of inlet part of Paldang lake was widened almost twice because of the rise of water level by dam construction in 1974. The land use maps (1966, 1981, 2000) of riparian areas were also made, respectively and classified into 6 categories (water, forest, agricultural land, urban area, road, sandbar) by digitizing. The main changes of land use were agricultural land, urban area, road and sandbar.

keywords : river channel morphology, aerial photograph, topographic map, land use change

요 지

본 연구에서는 경안천 유역을 대상으로 과거의 경년 항공사진과 지형도를 이용하여 하천형태의 변화를 분석하고, 하천주위의 토지이용변화를 비교해 보고자 하였다. 이를 위해 경안천 유역의 지방 1, 2급 하천에 해당하는 1966년, 1981년, 2000년 항공사진에 내, 외부표정을 실시하여 정사영상을 생성하였으며 또한 1914 - 1915년 지형도를 이용하여 1966년, 1981년, 2000년의 하천과 비교하였다. 이 영상을 이용하여 경년 하천형태와 하천부지의 토지이용을 분석하였는데, 주로 하천제방구역에서 뚜렷한 하천변화를 보였으며 이는 1974년의 팔당댐 건설에 따른 팔당호 유입부의 변화와 1980년대 후반의 하천정비에 따른 직선화 작업이 그 원인으로 판단된다. 또한 하천부지를 6개의 주요 분류 항목 (수역, 산림, 농지, 주거지, 도로, 모래톱)으로 토지이용도를 작성하여 그 면적변화를 분석해본 결과 농지, 주거지, 도로, 모래톱이 가장 큰 면적변화를 나타내었다.

핵심용어 : 하천형태, 항공사진, 지형도, 토지이용변화

* 건국대학교 대학원 지역건설환경공학과 박사과정

Doctoral Student, Dept. of Rural Engrg., Konkuk Univ., Seoul 143-701, Korea

** 한국건설기술연구원 수자원연구부 책임연구원

Research Fellow, Water Resources Research Dept., Korea Institute of Construction Technology, Ilsan, 411-712, Korea

*** 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학전공 부교수

Associate Professor, Dept. of Civil and Environmental System Engrg., Konkuk Univ., Seoul 143-701, Korea

Corresponding Author. Tel: +82-2-450-3749 (e-mail: kimsj@konkuk.ac.kr)

1. 서론

하천은 유량의 변화에 따라 하도의 형상을 달리한다. 긴기와 우기에 따라 하천공간의 환경은 지속적으로 변화하기 마련이다. 따라서 한번 결정된 하천의 선형과 단면형을 따라 하천의 흐름이 한결같기를 기대하는 것은 어리석은 일이다(이종태, 1998). 따라서 바람직한 하천관리란 하천의 성격을 이해하고 잘 다스려 기능에 무리가 없도록 하는 일이 급선무이다. 이를 위해서 하천은 지속적으로 주의 깊게 관찰하고 관리되어야 하는 대상이다.

하천부지의 토지이용이 고도화됨에 따라 '80년대 중반 이후 홍수피해가 급격히 증가하고 있다. 과거에는 농경지 피해가 중심이었으나 최근에는 홍수피해 잠재능이 높은 도시지역의 내수 침수가 중심이 되는 등 피해양상이 바뀌게 되었으며 특히, 최근에는 공공시설에 대한 피해가 급격히 증가하였다. 치수 위주의 하천 정비는 제한된 토지에서 최대한의 사회·경제 활동을 보장하기 위해서 유역에서 발생한 홍수량을 신속히 하류로 배출하는데 주안점을 두고 지속되어 왔다. 그러나, 홍수터가 줄어들고 하천이 직강화되어 하류지역에서는 홍수가 커지는 부작용이 나타나고 있다.

이에 따라 하천환경 및 생태계의 보존과 복구에 대한 필요성이 크게 대두되고 있으며 또한 하천형태와 하천부지의 변화를 평가, 관리하기 위하여 과거의 자료와 RS/GIS 기술을 연계하여 분석하는 연구가 많이 이루어져야 한다. 이와 관련하여 토지이용변화와 관련된 연구들을 살펴보면, 박인환 등(2002)은 시기별 도시화의 유형에 따른 토지이용변화를 분석·비교함으로써 대상지인 대구광역시 도농통합지역의 적절한 도시관리방안에 기초자료로 제공하고자 하였으며, 신진민 등(2002)은 국립공원의 환경 및 경관 관리를 목표로 RS 및 GIS 기술을 이용하여 토지이용변화도를 제작하고 이로 향후 국립공원에서 제안되는 개발행위가 해당국립공원의 토지이용변화에 미친 영향을 파악하였다. 또한 김성준 등(2003)은 안성천의 평택수위관측소 상류유역을 대상으로 점진적인 도시화로 인한 토지피복변화가 수문변화에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

일반적으로 어떤 지역이나 대상물의 특성을 알아내기 위해서는 직접 그 곳에 접근해서 관측하는 것이 가장 신뢰도가 높은 방법이라고 볼 수 있다. 그러나, 이러한 방법은 넓은 지역의 수행에 있어서 많은 비용과 시간의 소비를 가져오며, 그 대상물 자체의 관측에는 상당히 유용하지만 주변 요소들과의 상대적인 관계를 거시적으로 이해하기에는 여러 가지 문제점을

내포하고 있는 것이 사실이다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 고려된 것이 바로 사진의 이용이며, 이 중 항공기를 이용해 대상지역을 거의 수직에 가깝게 촬영한 항공사진이 여러 가지 측면에서 큰 유용성을 갖는다. Konecny (1979)는 항공사진을 이용하여 수치적 편위수정방법으로 기복변위를 수정함으로써 정사투영을 제작하였으며, Wissel (1985)은 수치영상처리 기술을 사용한 정밀편위수정방법이 가능하다는 것을 제안하였다. 국내에서는 윤종성(1991)이 PC와 광학주사기를 이용하여 항공사진을 정사사진으로 제작하였다. 이러한 연구를 계기로 수치정사사진 제작에 관련된 제반 연구들이 활발히 진행되어 유복모(1992)가 SPOT 위성영상과 항공사진을 이용한 수치정사사진 제작에 관한 연구를 수행하였다. 또한 김성환(1997)은 항공사진을 이용하여 정사투영사진지도를 생성하는 기법에 관하여 연구하였으며, 김병진(2001)은 항공사진영상을 기반으로 한 수치지도 제작의 가능성을 제시하고 원영상과 특정 대상물을 추출하여 비교해 보고자 하였다. 박경원 등(2001)은 과거 30여 년간에 항공사진과 해양조사원의 부산항 수위관측자료를 분석하여 광안리 해수욕장의 해안선변화에 관한 연구를 하였으며, 정승진 등(2004)은 장기해안선변화를 조사, 해석하기 위하여 정사사진해석에 비해 비교적 손쉬운 affine 변환 해석방법을 이용하여 항공사진 자료를 분석하고, 정확도 평가를 수행하였고, 이진덕 등(2004)은 두 가지의 다른 센서에 의하여 획득된 다시기 항공사진과 KOMPSAT-1 EOC 위성영상을 이용하여 급속하게 변화하는 도시지역의 변화를 검출하고자 하였다. 박근애 등(2004)은 경안천 유역의 국가하천구간을 대상으로 과거의 경년 항공사진을 이용하여 하천형태의 변화를 분석하고, 하천주위의 토지이용변화를 비교한 바 있다.

본 연구는 경안천 유역의 국가하천 및 지방 1, 2급 하천을 대상으로 과거의 항공사진과 일제시대의 지형도를 이용하여 하천의 변화추세를 파악하여 분석하고, 또한 하천구역내의 토지이용도를 작성하여 경년별 변화추세를 분석하고자 한다. 이들 유역의 하천의 변화추세도는 하천환경 및 치수측면에서 긍정적인 방향으로 진행되었는지를 판단하는 하나의 지표로서 활용될 수 있을 것이며, 향후 하천유역의 종합적인 수리·수문학적 분석을 위한 기본자료로서 제공이 가능할 것으로 판단된다.

2. 자료수집 및 분석방법

본 연구의 전체적인 연구 수행체계는 그림 1과 같다.

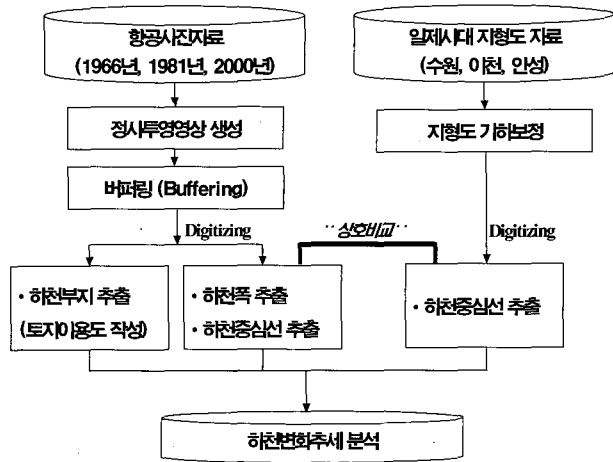


그림 1. 연구수행체계

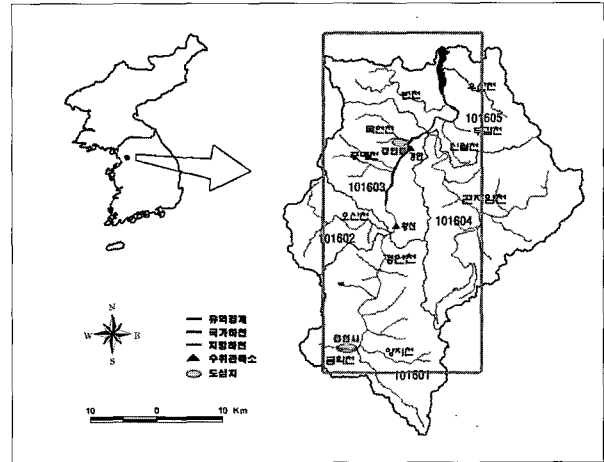


그림 2. 대상유역(경안천유역)

경안천 유역을 대상으로 1966년, 1981년, 2000년의 항공 사진자료와 1914 - 1915년의 일제시대 지형도를 수집하여 스캐닝 한 자료를 항공사진은 표정단계를 거쳐 정사영상을 생성하였고 지형도는 위경도 TIC을 이용하여 Tokyo기준점, Korea-TM 좌표체계로 기하보정을 실시하였다. 생성한 정사영상은 하천법에 근거하여 주 연구대상인 경안천유역의 국가하천 및 지방 1, 2급 하천에 대하여 버퍼링을 실시한 후 디지털이징에 의하여 연도별 하천폭과 하천중심선을 추출하여 변화형태를 분석하였으며, 3개년도(1966년, 1981년, 2000년)의 하천부지에 대한 토지이용도를 작성하여 연도별 면적변화를 살펴보았다. 이와 더불어 기하보정을 실시한 지형도 또한 디지털이징으로 하천을 추출하였고, 이를 항공사진을 이용하여 추출한 하천과 비교분석하였다.

2.1 대상유역 및 연구자료

경안천유역은 한강유역의 일부로서 5개의 표준유역(101601, 101602, 101603, 101604, 101605 : 수자원단위 지도 코드)을 포함하고 있고 경안천 발원지부터 경안천 하구 구간으로 행정구역은 경기도 광주시와 용인시로 이루어져 있으며, 광주시가 373.92km², 용인시가 187.21km²로 구성되어 있다. 유역면적은 561.1km²이며 유로연장 47.4km, 유역평균폭은 11.8km이고 평균하천경사는

1/720이다. 한강을 본류로 하여 경안천은 금학천, 양지천 등을 포함한 18개의 제 2지류와, 제 2지류인 양지천, 오산천 등에 포함된 11개의 제 3지류로 형성되어 있다(그림 2). 수도권에 위치한 유역의 지역적인 특성으로 인해 각종 레저시설 및 단체들의 수양관 등 경관이 수려한 지역이 많이 위치하고 있으며, 유역내에 각종 공장과 축산농가가 산재되어 있고, 주변 지역을 연결하는 도로가 사방으로 연결되어 있어 교통은 편리한 편이다. 또한 자연제방 형성구간에 위치하고 있어 사행성이 활발한 유역이다.

본 연구에서는 경안천 유역의 국가하천 및 지방 1, 2급 하천에 해당하는 지역을 대상으로 1966년 18장, 1981년 36장, 2000년 20장의 총 74장의 항공사진을 이용하였다. 사용한 항공사진의 사진정보는 표 1과 같으며 1966년은 항공사진에 대한 낮은 관심도로 당시의 촬영카메라에 대한 정보가 없는 실정이며, 촬영고도, 카메라 종류에 대한 정확한 정보획득이 불가능하였다. 따라서 본 연구에서는 초점거리를 기준으로 다른 년도(1983년)의 카메라정보를 이용하여 항공사진을 분석하였다. 일제시대 지형도는 구할 수 있는 최대의 자료로 1:50,000축척의 수원, 안성, 이천 3개의 지형도를 획득하여 분석을 실시하였다.

표 1. 연구지역에 사용한 항공사진의 정보

분석년도	축척	매수	초점거리 (mm)	촬영고도 (m)	촬영월일	카메라종류
1966	1/37,500	18	152.48	5,737*	4월	RC5/RC8*
1981	1/25,000	36	152.87	3,810	4월	Wild UAG II 308
2000	1/37,500	20	152.54	5,715	4월	RMK A 15/23

* 초점거리를 기준으로 다른 년도(1983년)의 카메라정보 이용

2.2 정사투영영상 생성

항공사진은 사진이 갖는 독특한 성질과 그 밖의 여러 가지 요인들에 의해 영상 자료의 절대 위치에 차이를 나타내는 기하학적 왜곡을 포함하고 있다. 이러한 기하학적 왜곡은 영상 내 각 점의 위치 변동을 의미하며, 이렇게 휘어진 영상을 평면 위에 존재하는 지형도와 중첩시키기 위해서는 항공사진 영상에 나타나는 각 점의 위치를 지형도와 같은 크기와 투영 값을 갖도록 변환해 주는 과정이 반드시 요구된다. 이와 같은 변환 과정을 흔히 기하학적 보정(geometric correction)이라고 하며, 이러한 과정을 거쳐야만 우리가 지도를 통해 흔히 보는 형태의 안정된 영상을 얻어낼 수 있다. 항공사진의 기하학적 보정 방법으로 정사 보정을 실시하였으며 그 과정은 그림 3과 같다.

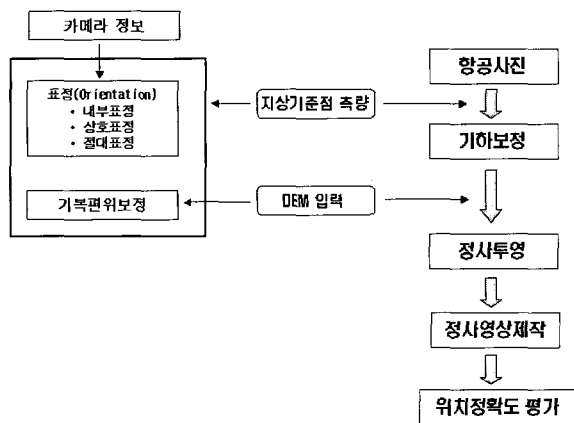


그림 3. 정사투영영상 생성 과정

정사영상을 생성하기 위하여 프로그램 ERDAS Imagine 8.5를 사용하였으며 가상값으로부터 최확값을 구하기 위한 해석작업으로 3단계의 표정(내부표정, 상호표정, 절대표정)을 실시하였다 (이현화, 2001).

2.2.1 내부표정

표정 단계 중 가장 먼저 요구되는 내부 표정(interior orientation)은 사진의 주점을 투영 중심에 일치시키고, 초점거리 보정, 신축 보정 등을 실시함으로써 촬영 당시의 광학적 환경을 그대로 구현하고자 하는 것이다. 렌즈의 왜곡 보정은 카메라 점정 기록에 수록되어 있는 값을 이용하며 영상좌표와 사진의 주점좌표의 관계를 설정하는 과정은 스캐닝된 영상 좌표와 주점을 기준으로 하는 사진 좌표와의 관계를 설정함으로써 이루어지고, 이때 사진 지표(fiducial mark) 4개를 기준으로 어퍼인 변환(affine transformation)을 하게 된다.

2.2.2 외부표정

내부 표정이 카메라 내부의 광학적 환경을 재현하는 것을 그 목적으로 하는데 비해 외부 표정(exterior orientation)은 카메라와 대상 물체 사이의 위치 관계를 규정하는데 그 목적을 두고 있다. 외부 표정은 다시 그 목적에 따라 상호 표정(relative orientation)과 절대 표정(absolute orientation)으로 나누어진다. 여기서 상호 표정은 항공사진의 촬영 시 연속 촬영된 두 장의 사진 사이의 기하학적 관계를 재현하고자 하는 단계로 6개의 상호 표정점을 사용하여 왼쪽 사진을 공간상에 고정시킨 상태에서 오른쪽 사진을 왼쪽 사진에 맞추어 주게 되며, 절대 표정은 상호 표정을 실시한 모델이 실제의 지형과 정확한 상사관계를 이루도록 하는 단계로 수치 표고모델을 이용하여 축척, 방위각, 공횡경사(common lateral tilt), 공종경사(common longitudinal tilt), 좌표전이(origin shift) 등 7개의 표정 인자를 결정하게 된다.

2.2.3 수치표고모델

정사보정에 필요한 수치표고모델(digital elevation model)은 일반적으로 수치에 의하여 지형의 상태를 나타낸 자료를 말한다. 수치표고모델은 지표면에 일정 간격으로 분포된 지점의 표고 값을 수치로 기록한 것으로 주로 지형의 분석에 이용되며, 각종 모델링이나 각종 자료의 생성에 기초 자료로 이용된다. 본 연구에서는 경안천 지역의 NGIS 1:5,000 수치지도로부터 지형 관련 레이어인 7111(주곡선), 7114(계곡선), 7217(표고점), 7311(삼각점)을 추출하고 ARC/INFO를 이용하여 커버리지(coverage), TIN (triangulated irregular network), 격자 변환(lattice transformation) 과정을 거쳐 격자간격 5m DEM을 생성하였다.

2.2.4 정사투영결과

본 연구에서는 1966년 18장, 1981년 36장, 2000년 20장의 항공사진을 각각 내부표정, 외부표정을 실시하여 기하학적으로 영상 촬영 당시와 똑같은 환경을 재구성하고, Tokyo 기준점, Korea-TM좌표체계로 보정된 영상을 이용하여 영상 대 영상(image to image) 방법으로 각 년도의 항공사진의 위치를 보정하는 정사투영작업을 실시하였다. 정사보정결과 1966년, 1981년, 2000년의 항공사진 스캐닝 해상도 0.59m, 0.60m, 0.80m에 대하여 평균제곱근오차(RMSE : root mean square error)가 각각 평균 1.14, 0.65, 0.76 화소(pixel)로 나타났으며 이들을 모자이크하여 하천형태 및 하천부지추출을 위한 준비자료를 구축하였다.

항공사진의 모자이크는 대규모 지역에 연속적인 자

료를 만들기 위해 필요하다. 항공사진은 촬영진행 방향으로 약 60%, 코스간 약 30%의 중복도를 갖도록 촬영되기 때문에 모자이크시 사진의 중앙부분을 중심으로 작업을 하는 것이 효율적이라 할 수 있다. 본 연구에서는 ERDAS Imagine 8.5 프로그램을 이용하여 1966년, 1981년, 2000년의 정사투영된 사진에 대하여 모자이크를 실시한 후, 국내최초로 개발된 국가하천에 대한 종합적이고 체계적인 관리를 위한 하천관리지리정보시스템(RIMGIS: River Information Management GIS) 자료를 중첩하여 비교함으로써 정사투영영상의 위치정확도를 평가하였다(그림 4, 그림 5, 그림 6).

2.3 지형도의 기하보정

지형도로부터 하천경계를 추출하여 분석하기 위해서는 Bessel타원체, Tokyo 기준점, Korea-TM좌표체계로 바꾸어야 한다. 위성영상이나 항공사진 분석시 보정된 영상을 이용하여 영상 대 영상 (image to image) 방법을 사용하는 것과는 달리 지형도는 4개의 모서리 지점에 부여되어 있는 경위도 좌표에 대한 TM좌표 값을 계산하여 ERDAS Imagine 8.5프로그램에서 입력하는 형식으로 바꾸어 준다.

3. 결과 및 고찰

3.1 항공사진의 하천형태 및 하천부지추출

최근 하천에서 발생하는 홍수의 주 피해원인은 많은 양의 강우가 집중되어 발생한 제방의 기능상실과 내수

배제 불량에 의한 것이었다. 특히 급속하게 개발된 도시지역을 흐르는 하천의 정비시, 하천 고유의 사행 특성을 살릴 수 있는 제방 선형의 유지가 필수적이며, 서로 다른 등급의 하천 합류부 처리에 유의해야 한다. 도시화가 진전되고 있는 지역의 경우 등급이 낮은 하천이라도 설계기준을 상향조정하는 등의 개선방안이 필요하며, 이들은 시설이나 법적인 관할 하천등급에 의한 기준설정보다는 유역전반에 걸친 종합적인 하천관리라는 차원에서 다루어져야 할 것이다. 현재 이런 차원에서 많은 연구가 이루어지고 있으며 본 연구 또한 같은 맥락에서 분석되었다.

본 연구에서는 먼저 1966년의 항공사진으로부터 하천경계를 추출(그림 11)하고 이를 기준으로 “제6조 (연안구역의 범위): 제10조 제1항의 규정에 의한 연안구역은 통상의 홍수가 미치는 구역 또는 하천 및 하천부속물을 보존하기 위하여 필요한 최소한도의 구역으로 하되, 하천구역의 경계로부터 500m를 초과하지 아니하는 범위안에서 관리청이 정한다.”라는 하천법에 따라 500m의 버퍼링을 실시하였으며(그림 7), 이 버퍼링 경계를 그림 8, 그림 9와 같이 1981년, 2000년 항공사진에도 적용하였다.

3.1.1 하천형태 추출

경년별 하천변화 추세를 확인하기 위해 ERDAS Imagine 8.5프로그램으로 디지털화하여 국가하천 및 지방 1, 2급 하천의 경계를 추출하였고, 그 결과를 그림 10과 같이 국가하천구간과 지방 1, 2급 하천구간으로 구분하여 그림 11과 12에 나타내었다.

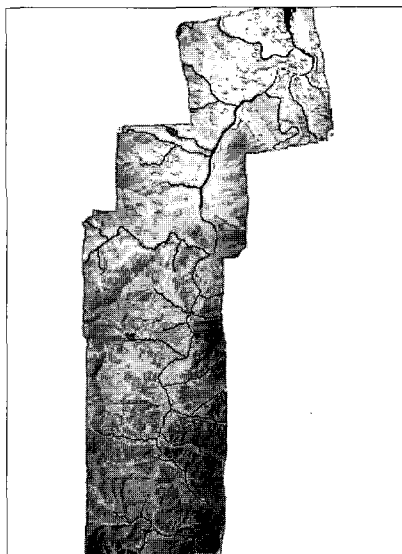


그림 4. 1966년 정사영상

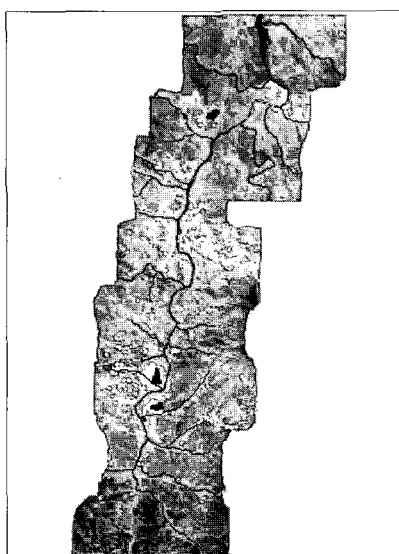


그림 5. 1981년 정사영상

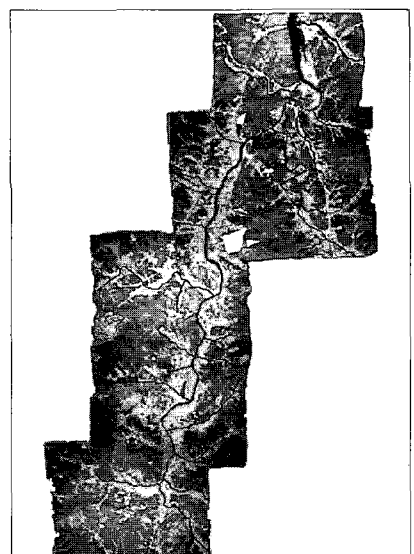


그림 6. 2000년 정사영상

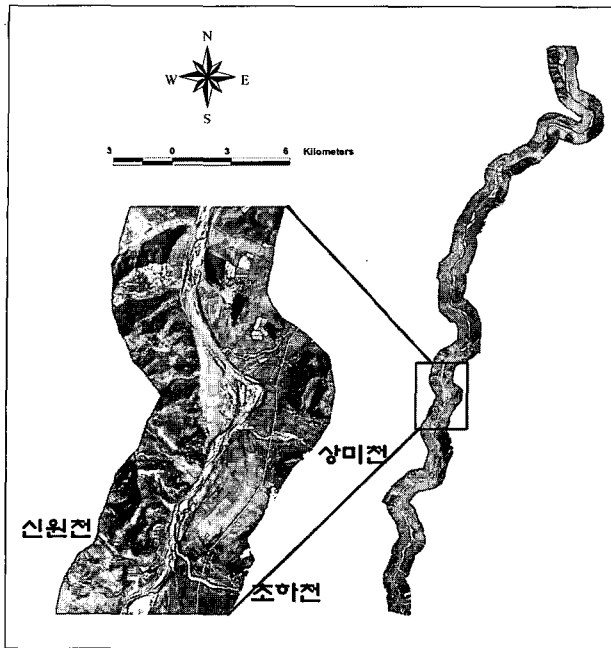


그림 7. 하천구역 버퍼링(1966년)

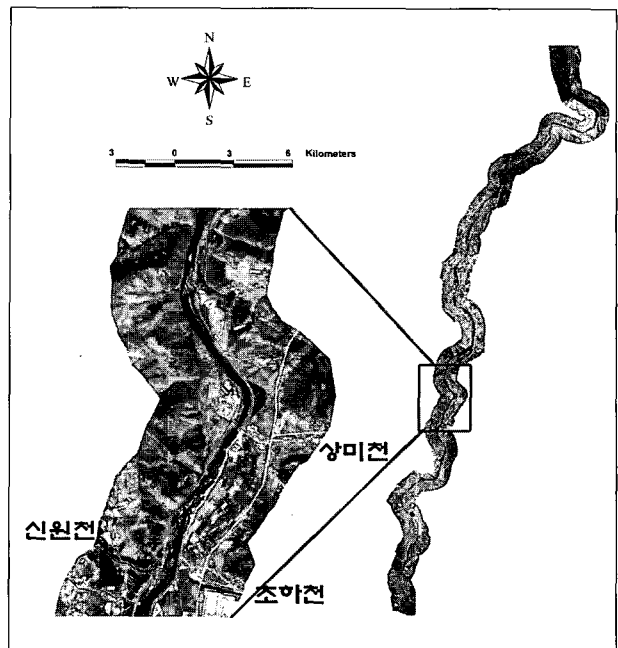


그림 8. 하천구역 버퍼링(1981년)

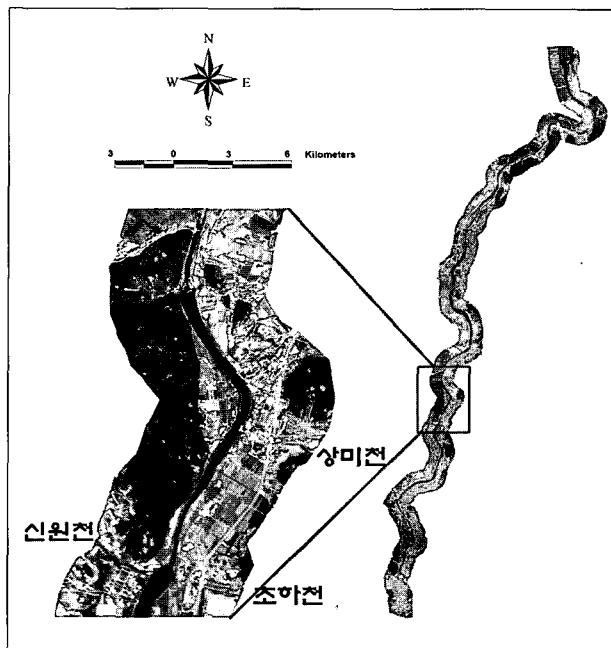


그림 9. 하천구역 버퍼링(2000년)

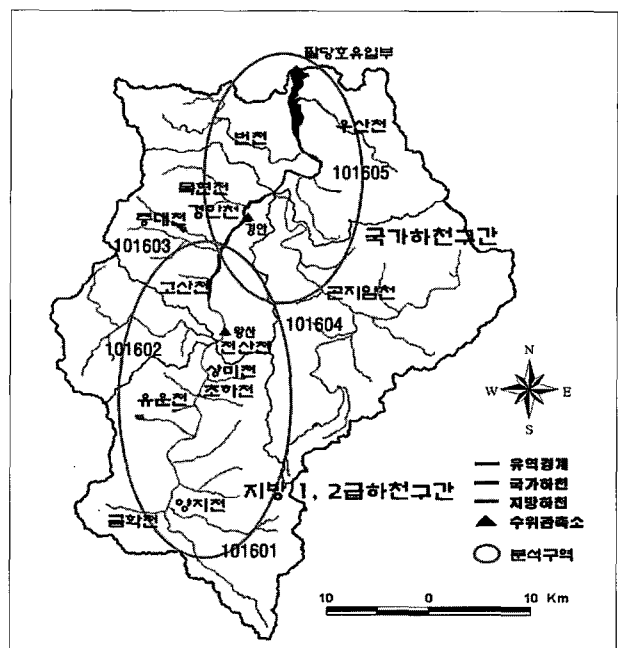


그림 10. 분석구역

국가하천에서 큰 하천변화를 보이는 구간은 3개 구간(A, B, C)이었으며, 모두 하천제방구역(정지제, 지월제, 쌍령제)이었다. 경안천 유역은 1987년에 하천정비기본계획이 처음 수립되었으며(경기도, 2001), 정지제는 1991년 12월, 지월제는 1998년 6월, 쌍령제는 1989년 12월에 각각 착공되었다. 팔당호 유입부인 A구간은 1981년, 2000년의 평균 하천폭(619.0m)이 1966년(340.9m)에 비해 약 2배 확대되었음을 알 수 있으며, 이는 1974년

에 팔당댐이 준공됨으로써 팔당호의 저수로 유입부 하천 주변 저지대가 수몰되면서 하천폭이 확대된 것으로 판단된다. B구간의 경우, 1998년의 하천정비(지월제)로 인해 1981년과 2000년 사이에 평균 하천폭이 105.3m에서 131.2m로 증가하였으며 C구간은 1989년의 하천정비(쌍령제)와 1999-2000년의 쌍령교 병목부 절개공사로 인해 평균 하천폭이 136.8m(1966년, 1981년)에서 161.2m(2000년)로 확대된 것을 알 수 있었다.

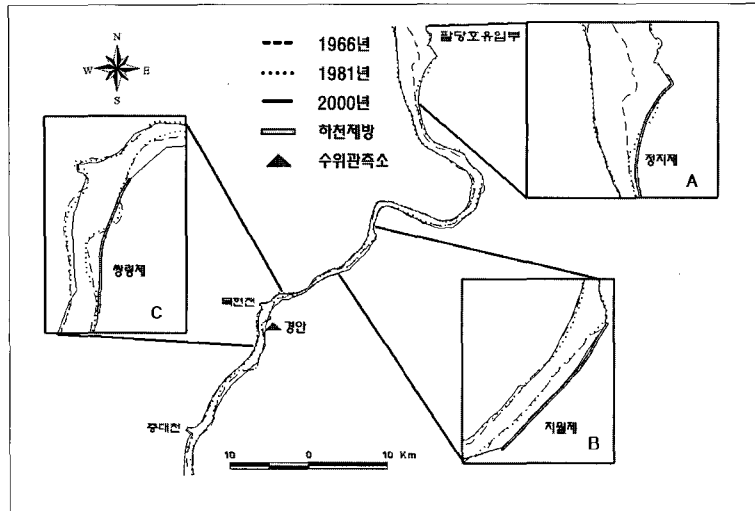


그림 11. 경년별 하천형태 추출(국가하천구간)

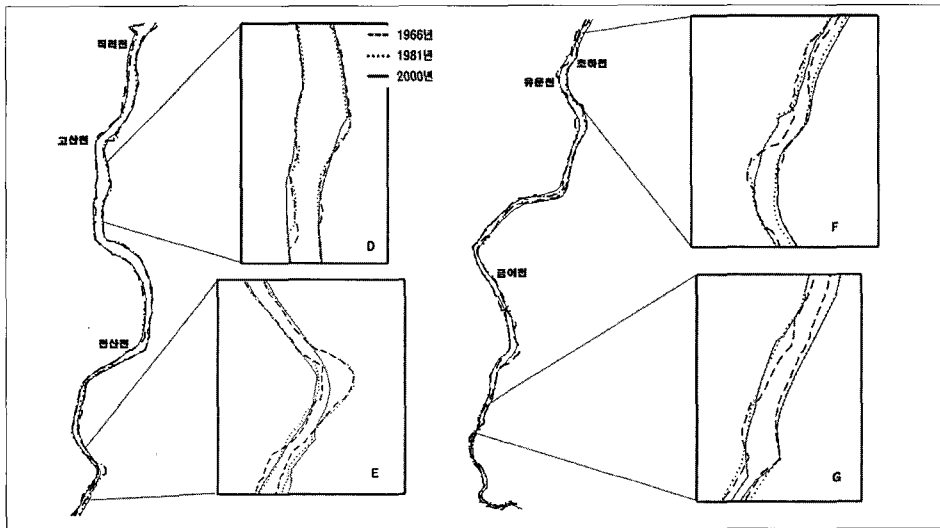


그림 12. 경년별 하천형태 추출(지방 1, 2급 하천구간)

상류하천, 즉 지방 1, 2급하천에서 주요 하천변화를 보이는 구간은 그림 12에서 보듯이, D, E, F, G 4개의 구간이었다. 우선, 고산천과 천산천 사이의 D구간은 큰 보와 제방으로 인해 하천변 및 하천내의 모래톱의 변화가 크게 발생하는 구간이며, 1966년과 1981년에 비해 2000년의 하천형태가 선형으로 변화하였음을 알 수 있다. 상미천의 E구간은 제방축조로 인해 일부 만곡부지역이 육지화되면서 2000년에는 하천형태가 많이 변하는 것을 확인할 수 있으며, 평균 하천폭의 변화를 보면 1966년 84.7m, 1981년 73.9m, 2000년 62.3m로 점점 줄어드는 것을 알 수 있다. 또한, 하천의 변화가 큰 구간은 초하천과 유운천 구간의 F와 양지천과 금학천 구간 G이다. F구간을 살펴보면, 1966년과 1981년에 비해 2000년의 하천형태가 제방으로 인해 선형적인 경계를

나타내고 있으며, 그 폭의 변화는 1966년 120.4m에서 2000년에 117.2m로 약 3.2m 줄어든 것을 알 수 있다. G 구간 또한 제방축조로 인한 하천의 선형적인 변화를 볼 수 있으며, 폭의 변화는 1966년 65.4m에 비해 2000년에는 82.9m로 17.5m 폭이 증가하였다. 이와 더불어 추출된 경년 하천에 대하여 하천중심선을 생성하여 비교한 결과, 1966년 36.3km, 1981년 36.1km, 2000년 35.5km로 줄어들었다. 이는 1974년의 팔당댐 건설에 따른 팔당호 유입부의 변화와 1980년대 후반의 하천정비에 따른 직선화 작업이 그 원인인 것으로 판단된다.

3.1.2 하천부지 추출

하천부지의 토지이용상태를 파악하기 위해 하천경계로부터 500m 버퍼링을 실시한 1966년, 1981년, 2000년 정사영상을 수역, 모래톱, 산림, 농지(논, 밭), 주거지,

도로 등 6개의 항목으로 토지이용도를 작성하고 그 변적을 비교하였으며 이를 국가하천과 지방하천으로 구분하여 국가하천은 그림 13, 그림 14, 그림 15에 지방하천은 그림 16, 그림 17, 그림 18에 나타내었다. 또한 각 토지이용별 면적변화를 표 2와 표 3에 정량적으로 나타내었다. 우선 국가하천의 주요 토지이용을 살펴보면, 본 연구의 중요 토지이용항목인 모래톱은 1966년에 9.28%에서 2000년에 7.98%로 1.30% 감소하였는데, 이는 1974년의 팔당댐 건설에 따른 수위 상승으로 인한 것이며, 산림과 농지는 1966년 37.41%, 45.95%에서 2000년

36.42%, 36.55%로 각각 0.99%, 9.40% 감소하였으며, 주거지는 1966년 2.10%에서 2000년 7.24%로 5.13% 증가하였다. 이는 1980년대 후반의 하천정비로 인한 하천부지의 도시화와 농지정리가 원인인 것으로 판단된다. 또한 상류하천, 즉 지방 1, 2급 하천의 하천구역 토지이용을 살펴보면 모래톱은 1966년 7.03%에서 2000년 4.51%로 2.52%감소하였는데, 이는 보 및 하천제방 축조에 따른 수위상승으로 모래톱이 잠긴 것으로 분석된다. 산림과 농지는 1966년에 비해 2000년에 각각 0.08%, 25.35% 감소하였으며, 주거지와 도로는 1966년 2.48%, 0.79%에

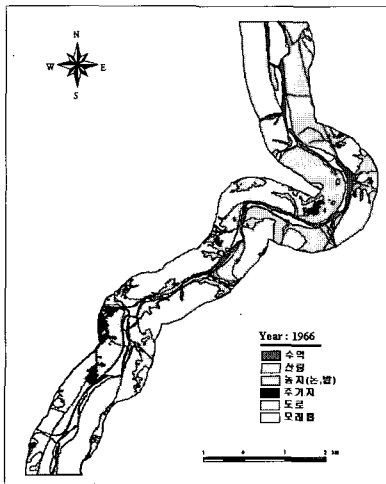


그림 13. 1966년 토지이용도 (국가하천)

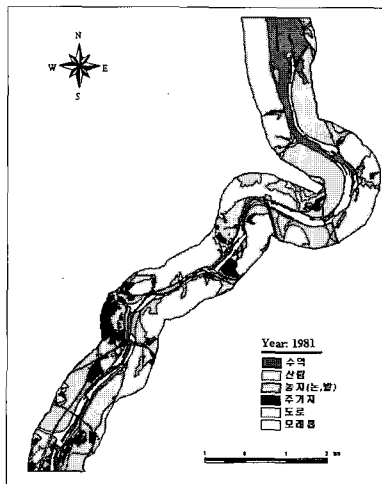


그림 14. 1981년 토지이용도 (국가하천)

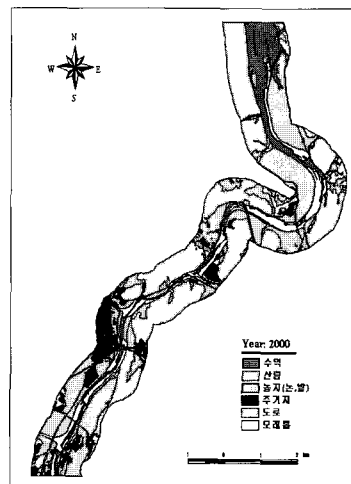


그림 15. 2000년 토지이용도 (국가하천)

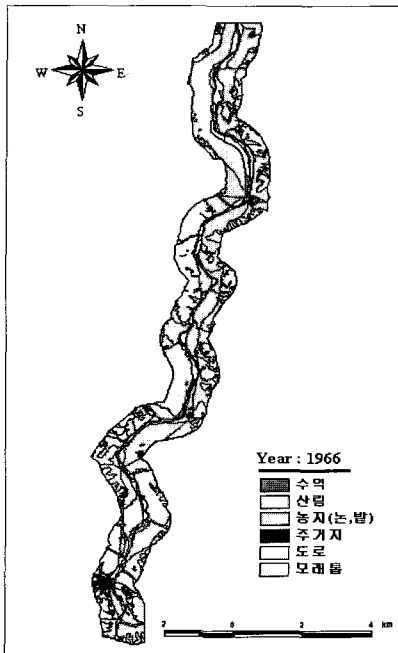


그림 16. 1966년 토지이용도 (지방하천)

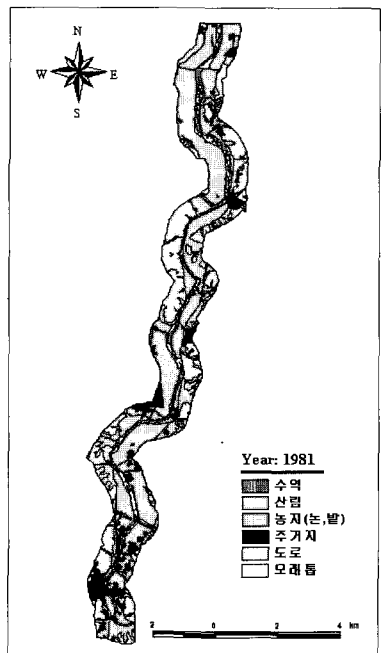


그림 17. 1981년 토지이용도 (지방하천)

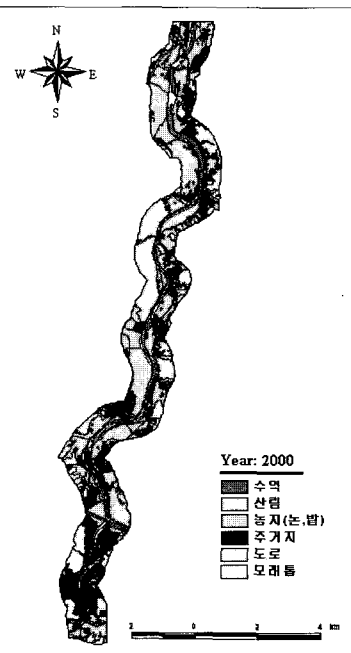


그림 18. 2000년 토지이용도 (지방하천)

표 2. 연도별 토지이용도 면적비교(국가하천구간)

분류항목		면적 (km ²)			면적비율 (%)		
		1966년	1981년	2000년	1966년	1981년	2000년
하천지역	수역	0.74	1.52	1.52	4.58	9.40	9.40
	모래톱	1.50	1.30	1.29	9.28	8.04	7.98
주변지역	산림	6.05	6.05	5.89	37.41	37.41	36.42
	농지(논,밭)	7.43	6.02	5.91	45.95	37.23	36.55
	주거지	0.34	0.91	1.17	2.10	5.63	7.24
	도로	0.11	0.37	0.39	0.68	2.29	2.41
전체면적		16.17	16.17	16.17	100.00	100.00	100.00

표 3. 연도별 토지이용도 면적비교(지방 1, 2급 하천구간)

분류항목		면적 (km ²)			면적비율 (%)		
		1966년	1981년	2000년	1966년	1981년	2000년
하천지역	수역	0.84	1.22	1.36	3.47	5.05	5.62
	모래톱	1.70	1.32	1.09	7.03	5.46	4.51
주변지역	산림	5.00	4.91	4.98	20.68	20.31	20.60
	농지(논,밭)	15.85	14.21	9.72	65.55	58.77	40.20
	주거지	0.60	2.20	5.92	2.48	9.10	24.48
	도로	0.19	0.32	1.11	0.79	1.32	4.59
전체면적		24.18	24.18	24.18	100.0	100.0	100.0

서 2000년 24.48%, 4.59%로 각각 22.00%, 3.80% 증가하였다. 이는 국가하천과 마찬가지로 제방축조와 같은 하천정비가 원인인 것으로 분석된다.

국가하천과 지방하천구간의 경년별 토지이용변화는 같은 양상을 보였으며, 이러한 하천구역의 변화 양상은 댐건설과 하천정비가 주원인인 것으로 판단된다. 이와 같이 제방으로 인해 그 주변 토지이용의 산림과 농지는 줄어들고 대신에 주거지와 도로 등이 증가하는 현상을 제방효과(levee effect)라 하며, 경안천 유역은 이러한

제방효과가 뚜렷이 나타남을 알 수 있다.

3.2 지형도의 하천형태추출 및 항공사진의 하천형태와의 비교

기하보정을 실시한 일제시대 지형도를 디지털화하여 하천을 추출한 결과는 그림 19와 같다. 같은 도엽명이라 할지라도 현재의 1:50,000지형도와 일제시대 1:50,000지형도의 포함범위가 차이가 있었다. 그림 20과 같이 현재의 1:50,000지형도의 수원, 안성, 이천은 일부

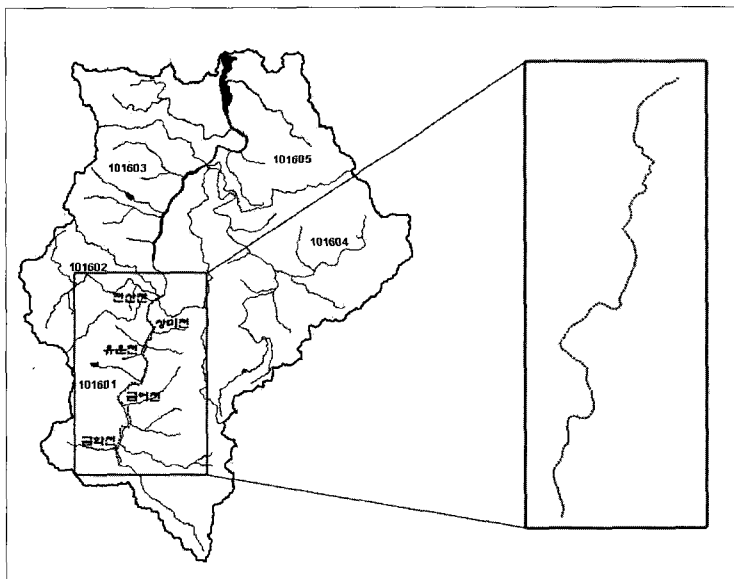


그림 19. 지형도의 하천추출 결과

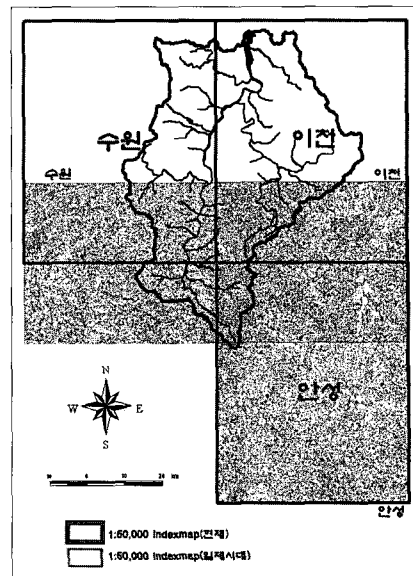


그림 20. 과거와 현재의 인덱스 맵

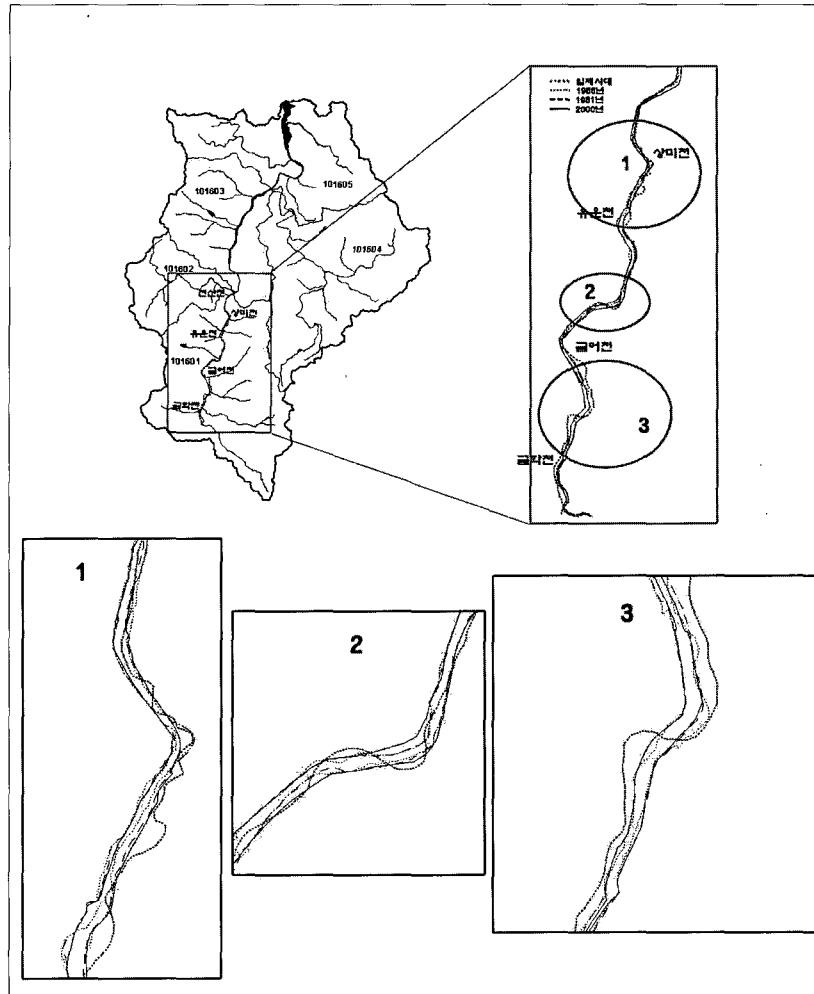


그림 21. 지형도와 항공사진의 하천경계 비교

상류지역을 제외하고 경안천유역을 거의 다 포함하지만, 일제시대 지형도의 도엽은 상류지역만을 포함하였다.

일제시대 지형도를 이용하여 추출한 하천을 1966년, 1981년, 2000년의 항공사진에 추출한 하천형태와 함께 비교해 보았으며 그 결과를 그림 21에 나타내었다. 일제시대의 하천형은 거의 자연형인 것을 확인할 수 있으며, 가장 큰 변화를 보이는 구간은 상미천과 유운천의 1구간과 유운천과 금어천의 2구간, 금어천과 금학천의 3구간이다. 3개의 구간의 하천변화를 살펴보면, 자연적인 하천형태에서 인위적인 개발로 인해 시간이 갈수록 직선화 현상이 이루어지는 것을 알 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 경안천유역의 국가하천 및 지방 1, 2급 하천을 대상으로 1966년, 1981년, 2000년 항공사진을 이용하여 정사영상을 생성하고, 하천형태 및 하천중심선을 추출하여 경년별 하천변화추세 평가를 위해 그 원인을 분석하였다. 또한 일제시대 지형도를 이용하여 하천을

추출하고 이를 경년별 하천형태와 비교해보고자 하였다. 1966년, 1981년, 2000년의 정사영상에 대하여 토지 이용도를 구축하여 물리적 특성변화를 살펴보았다. 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 경년별 하천변화추세를 분석하기 위하여 1966년 18장, 1981년 36장, 2000년 20장의 총 74장의 항공사진을 사용하였다. 각 항공사진에 대하여 영상대 영상(image to image) 방법으로 정사투영을 실시하였고, 그 결과 1966년, 1981년, 2000년 항공사진의 RMSE가 스캐닝해상도 0.59m, 0.60m, 0.80m에 대하여 각각 1.14, 0.65, 0.76 화소(pixel)로 분석되었다.
2. 대상유역의 국가 및 지방 1, 2급 하천을 중심으로 연구하기 위하여 1966년, 1981년, 2000년의 생성된 정사투영영상을 하천법에 근거하여 하천경계로부터 500이내의 하천구역을 분석하기 위하여 3개년도에 각각 버퍼링을 실시하였다.

3. 정사투영영상을 디지털화하여 하천경계 및 중심선을 추출하였으며 그 결과 7개의 하천제방구역(A, B, C, D, E, F, G)에서 가장 큰 하천변화를 보였다. A(정지제), B(지월제), C(쌍령제)구간은 하천정비기간을 기점으로 하천폭이 확대되었는데 이는 팔당댐건설에 의한 수몰지역발생과 제방축조로 인한 선형화에 의한 것으로 판단된다. 이와 달리, D, E, F, G구간은 1966년에서 2000년으로 갈수록 하천폭이 줄어들었으며 이는 상류하천의 만곡부지역의 육지화와 함께 하천경계의 선형화가 이루어져 발생된 현상인 것으로 판단되었다.
4. 3개년도의 정사투영영상에 대하여 토지이용도를 6개의 분류항목(수역, 산림, 농지, 주거지, 도로, 모래톱)으로 구축하였다. 주요 토지이용의 변화를 보면, 모래톱, 산림과 농지는 1966년 3.20km², 11.05km², 23.28km²에서 2000년 2.38km², 10.87km², 15.63km²로 각각 2.03%, 0.45%, 18.96% 감소하였고 주거지와 도로는 1966년 0.94km², 0.30km²에서 2000년 7.09km², 1.50로 각각 15.24%, 2.97% 증가하였는데, 이는 1980년대 후반의 하천정비로 인한 하천부지의 도시화와 농지정리가 원인인 것으로 판단된다.
5. 기하보정을 실시한 일제시대 지형도를 디지털화하여 하천을 추출하였고 이를 1966년, 1981년, 2000년의 항공사진에 추출한 하천형태와 함께 비교해 보았으며 그 결과, 일제시대의 하천형은 거의 자연형인 것을 확인할 수 있으며, 가장 큰 변화를 보이는 구간은 상미천과 유운천의 1구간과 유운천과 금어천의 2구간, 금어천과 금학천의 3구간이다.
6. 본 연구에서 추출한 하천형태와 하천부지의 토지이용도는 좀더 분석하여 향후 수리·수문학적 분석의 기본자료로서 이용될 수 있을 것이며, 하천환경 및 치수측면에서 긍정적인 방향으로 진행되었는지를 판단하는 지표로서 활용될 수 있을 것이다. 또한 수위, 유속, 오염물 이송확산, 유사 이동 및 퇴적, 상류-사류 흐름, 연안파랑 등 복잡한 2차원 흐름을 모의할 수 있는 소프트웨어인 지표수모델시스템(SMS: surfacewater modeling system)에서 제공하는 RMA2, SED2D모형 등을 이용하여 댐건설과 제방축조에 의한 유속장 변화, 유사이동량 및 하상변동 모의를 수행하는데 있어 기본입력자료로 사용할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 "유역 토지이용변화 및 하천변화추세 분석 연구" 1차년도, 2차년도 과업에 의하여 지원되었습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 경기도 (2001). **경안천 수계 하천정비기본계획**.
- 김병진 (2001). 항공사진을 이용한 특정 대상물의 추출 및 벡터화. 석사학위논문, 명지대학교.
- 김성준, 박근애, 정인균, 권형중 (2003). "WMS HEC-1을 이용한 안성천 평택수위관측소 상류유역의 수문경년변화 분석." **한국수자원학회논문집**, 제36권, 제4호, pp. 609-621.
- 김성환 (1997). 항공사진을 이용한 정사투영 사진지도 생성에 관한 연구. 석사학위논문, 연세대학교.
- 박경원, 김영섭 (2001). "항공사진을 이용한 광안리 해수욕장에 해안선변화에 관한 연구." **대한원격탐사학회 2001년도 춘계 학술대회 논문집**, 제4권, pp. 122-127.
- 박근애, 이미선, 김현준, 김성준 (2004). "항공사진을 이용한 하천형태 및 하천부지 변화추세 분석." **대한토목학회논문집**, 제24권, 제5D호, pp. 815-821.
- 박인환, 장갑수 (2002). "대도시 주변의 토지이용변화 - 대구광역시를 중심으로 -." **한국조경학회지**, 제30권, 제1호, pp. 1-10.
- 신진민, 강병선, 이규석 (2002). "원격탐사와 GIS를 이용한 계룡산국립공원의 토지이용변화." **한국조경학회지**, 제30권, 제3호, pp. 94-101.
- 유복모 (1992). **위성영상을 이용한 3차원 정사투영영상 생성법에 관한 연구**. 국방과학연구소.
- 윤종성 (1991). PC와 저가의 스캐너를 이용한 정사투영 사진제작에 대한 연구. 석사학위논문, 서울대학교.
- 이종태 (1998). "'98홍수재해원인과 하천관리의 문제점." **한국수자원학회지**, 제31권, 제5호, pp. 25-26.
- 이진덕, 조창환 (2004). "영상의 차연산과 비연산 기법에 의한 도시지역의 토지피복 변화탐지." **한국지형공간정보학회논문집**, 제12권, 제2호, pp. 43-52.
- 이현화 (2001). 도시지역의 대축척 항공사진으로부터 DEM과 정사사진의 생성. 석사학위논문, 금오공과대학교.
- 정승진, 김규한, 편종근 (2004). "항공사진을 이용한 장기해안선변화 조사." **한국해안해양공학학회지**, 제16권, 제1호, pp. 10-17.

Konecny, G. (1979). "Methods and possibilities for digital differential rectification." *PE & RS*, Vol. 45, No. 6, pp. 727-734.

Wissel, J. (1985). "Digital image processing for

orthophoto generation." *Photogrammetria*, Vol. 40, No. 2, pp. 69-76.

(논문번호:05-05/접수:2005.01.08/심사완료:2005.04.29)