영상분석기법을 이용한 구하도 복원 대상하천의 하도평가

Channel Evaluation for Abandoned Channel Restoration
Using Image Analysis Technique

홍 일* / 강 준 구** / 권 보 애*** / 여 홍 구****

IHong, Il / Kang, Joon Gu / Kwon, Bo Ae / Yeo, Hong Koo

Abstract

River is able to change by various environmental factors. In order to conduct restoration design of abandoned river channels, it is necessary to evaluate the river through the analysis of past and present river channels. River evaluation requires various data, such as geometry, hydraulic and hydrology, but there is a lot of difficulty to understand topographical information of river change on time and space due to a lack of past data by domestic conditions. This study analyzes the changes in past and present river channels and examines the applicability of river channel evaluation through image analysis using aerial photographs and 1918 year's map. Aerial photograph analysis was conducted by applying the image analysis method and GIS analysis method on Cheongmicheon. As a result of this analysis, we have quantitatively identified the form and size of abandoned channels, changes in the vertical-section and cross-section length of rivers, and micro-landform changes. More importantly, we verified that morphological changes in sandbars due to artificial straightening are important data in identifying the state of current river channels. In these results, although image analysis technique has limitations in two-dimensional information from aerial photographs, we were able to evaluate the changes in river channel morphology after artificial maintenance of the river.

keywords : Image analysis technique, Abandoned channel, Aerial photograph, Micro-landform change

요 지

하천은 다양한 환경조건에 따라 변화될 수 있는 공간으로 구하도를 복원 설계하기 위해서는 현재 하도의 안정성 여부를 파악할 수 있는 하도평가가 필요하다. 하도평가는 대상하천의 지형 및 수리·수문 등 다양한 정보가 요구되지만 국내여건상 과거자료 미비로 인해 시·공간적으로 변화된 하천의 지형학적 정보를 파악하기에는 많은 어려움이 있다. 본 연구는 청미천의 과거 지형도 및 항공사진을 이용한 영상분석을 통해 과거와 현재 하천의 하도변화를 분석하고, 하도평가를 위한 영상분석기법에 대한 적용성을 검토하는데 목적이 있다. 영상분석을 통해 얻은 결과는 구하도 형태·규모, 하도 중·횡단 변화, 미지형 변화 등으로 정량적 분석이 가능하였다. 특히 모래사주의 형상변화는 현재하

* 교신저자, 한국건설기술연구원 하천해양환경연구실 연구원

Corresponding Author, Researcher, River & Coast Research Division, Korea Institute of Construction Technology 2311, Daehwa-dong, Ilsanseo-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, 411-712, Republic of Korea
(e-mail: hongil93@kict.re.kr)

** 한국건설기술연구원 하천해양환경연구실 선임연구원

Senior Researcher, River & Coast Research Division, Korea Institute of Construction Technology

*** 한국건설기술연구원 하천해양환경연구실 연구원

Researcher, River & Coast Research Division, Korea Institute of Construction Technology

**** 한국건설기술연구원 하천해양환경연구실 책임연구원

Fellow Researcher, River & Coast Research Division, Korea Institute of Construction Technology

도의 상태를 파악하는 중요자료로 복원하도 설계 시 하도의 규모, 평수유입유량 등을 선정하기 위한 기초자료가 될 것이다. 이와 같은 결과에서 영상분석기법은 평면적인 정보의 한계는 있으나 복원하도 설계 시 국내 여건을 고려할 수 있는 기법으로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 영상분석기법, 구하도, 항공사진, 미지형 변화

1. 서 론

구하도 및 폐천(Abandoned channel)은 충적하천의 발달과정에서 자연적으로 발생하거나 또는 치수목적의 제방 등 인위적인 공사(Engineered cutoff)에 의해 생성되는 예전에 물이 흘렀던 하도흔적을 말한다. 구하도는 하천지형학적 용어이고 폐천은 법정용어인 폐천부지에서 파생되어 일반적으로 통용되는 용어이다. 포괄적인 의미에서 구하도라 칭하는 것이 바람직하나 폐천이 일반적으로 통용되는 용어라는 점과 복원대상으로 관심을 갖는 부분이 주로 폐천부지라는 점 때문에 제내지에 위치한 구하도는 폐천과 혼용하여 사용되어지고 있다. 자연적인 구하도는 흔히 본류의 유수역과 다소 차이가 있는 정수역에 가까운 흐름특성을 가지므로 다양한 생태 서식처를 형성하며 생물다양성을 유지할 수 있다. 국내의 경우 구하도는 자연적인 발생보다는 산업화와 도시화로 인한 하천의 직강화, 하천부지이용의 고도화 등 인위적인 교란으로 인해 형성된 것이 대부분이다. 이 과정에서 구하도 형태는 대부분 폐천부지로 분류돼 농지, 택지 및 저수지 등 타 용도로 이용되고 있으며, 물길의 흔적이 있는 경우 농수로로 이용되기도 한다.

최근 하천환경의 가치가 강조되고 구하도를 포함한 홍수터의 중요성이 대두됨에 따라 폐천부지를 가능한 하천구역에 편입하여 보전·복원하는 방안이 모색되고 있다. 하지만 하천은 끊임없이 변화하는 공간으로써 인위적인 교란이 발생할 경우 새로운 환경조건에 따라 하천의 형태 및 물리적 특성은 달라질 것이다. 따라서 구하도 복원을 위해서는 수문·수리 과정(유황, 하도형성유량, 하천흐름 등), 하천형태 과정(하천 종·횡단, 수리기하 특성, 하도의 안정성 등), 화학적 특성, 생물적 특성, 자연도 평가 등에 대한 다각적인 검토가 필요하다. 특히 하도설계 시 하천의 역동성으로 인해 현재하도가 안정하도를 유지하는지 지속적으로 변화하는지에 대한 하도평가 부분은 하도 형태, 규모, 경사 및 유량배분 등 기본적인 설계인자를 선정하는데 있어 매우 중요한 사안이다. 하도평가를 위해서는 과거와 현재 하천에 대한 지형·수리·수문 정보가 필요하지만 국내여건상 과거하천을 평가하기위한 다량의 자료를 획득하는 것은 어려우며, 자료가 있다 하더라도 실제 평가에 필요한 하천

구간을 구체적으로 세분화할 경우 자료의 수집은 거의 불가능하다. 이와 같은 문제점을 일정부분 해결하기 위한 방법으로 위성영상, 항공사진, 과거 지형도 등을 이용한 영상분석기법은 하나의 대안이 될 수 있다.

영상분석기법을 적용한 연구사례로써 국내에서는 박근애 등(2004)이 경안천 유역 항공사진을 이용하여 하천형태 및 하천부지의 변화 추세를 분석하였고, 이근상 등(2007)은 항공사진을 이용하여 갑천과 유등천의 토지이용 변화를 제시하였다. 반면 외국의 경우는 하도형태 변화와 흐름특성, 유사, 하상재료, 하천식생과의 상호적인 관계를 모색함으로써 보다 심도 있는 연구가 진행되고 있다. Katherine and Alan(1999)은 하도의 종·횡단 분석을 통하여 사주변화 및 만곡도 등 다년간의 하도형태 변화를 평가하였고, Sandra(2000)는 홍수 빈도와 규모, 강우량, 유량자료를 이용하여 하도형태 변화와의 관련성을 분석하였다. Veerle *et al.*(2005)은 단기간의 인위적인 변화가 미치는 하천변화를 하상재료와 토지이용형태를 중심으로 분석하였고, Duncan *et al.*(2008)은 하도형태 변화에 따른 유사량 수지를 평가함으로써 하천의 관리운영 방향을 제시하였다. 하지만 영상분석 결과를 복원하도 설계를 위한 하도평가에 적용한 사례는 극히 드문 상태이다.

본 연구는 청미천의 1918년 지형도와 1969년, 1981년, 2000년 항공사진에 대한 영상분석기법을 적용하여 인위적인 하천정비로 인해 변화된 시·공간적 하도변화를 분석하였다. 하도변화 분석은 구하도 형태 및 규모, 하도 종·횡단 변화, 하도 내 미지형 변화 등에 대한 것이며, 분석된 결과는 현재하도 평가와 향후 하천 복원 후 하도 예측에 이용하였다.

2. 대상지역 및 영상자료

본 연구는 국내하천의 전형적인 충적하천으로써 하천 개수율이 97%이상의 인위적인 하천정비로 인하여 하도 변화가 예상되는 청미천을 대상으로 하였다. 청미천은 한강의 제1지류로써 유역은 수지형으로 발달해있으며, 유역형상계수는 0.32 정도로 비교적 장방형 유역의 성향을 나타낸다(한국건설기술연구원, 2004). 조사구간은 청미천 60km 구간 중 상류를 제외한 하도변화가

예상되는 중하류 약 50km 하도 구역을 지방하천구간인 A, 국가하천구간인 B의 2구간으로 나누어 설정하였다 (Fig. 1).

Fig. 1. The Study Area of Cheongmicheon

영상분석기법을 적용하기 위한 영상자료는 1918년 지형도 4장과 1969년 9장, 1981년 12장, 2000년 9장 등 총 30장의 항공사진을 이용하였다. 항공사진은 상대적으로 높은 해상도를 가지고 있기 때문에 지형지물에 대한 이해를 쉽게 할 수 있을 뿐만 아니라 동일한 지역에 대해 주기적인 촬영이 가능하므로 그 지역의 시간에 따른 변동 상황을 파악하는데 유용하다(박근애 등, 2004). 특히 본 연구에 사용된 항공사진은 촬영시점이 동일한 시기인 4월에 이뤄짐으로써 과거와 현재의 유량 조건이 비교적 유사한 환경임을 전제로 할 수 있다. 또한 국내 항공사진은 하천개수사업과 경지정리사업이 본격화되는 1970, 80년대 이전인 1960년대 후반부터 자료축적이 이루어져 왔기 때문에 과거 하도형태 변화를 평가하는데 있어 중요한 의미를 지니게 된다. 하지만 남한강으로 유입되는 청미천 유역은 전통적으로 논경지가 발달한 지역으로써 1960대 이전에도 이미 이·치수 정비가 일정부분 진행됐을 것으로 판단된다. 이와 같은 점을 고려한다면 최대한 과거 시점의 지형정보를 이용하는 것이 바람직하며, 국내 지형자료의 경우 1914년~1918년에 제작된 近世韓國五萬分之一地形圖가 적절한 해결 방법이 될 수 있다. 近世韓國五萬分之一地形圖는 조선총독부에서 국내 최초로 근대적인 지도제작 방법에 의하여 한반도의 모든 지역을 대상으로 동일한 축척으로 제작되었고, 근대적인 의미의 토목공사가 시작되기 이전에 제작되어 조선 후기의 한반도 모습이 반영되어 있다는 점에서 매우 중요하다(배선헌, 2007).

3. 분석 방법

3.1 영상자료의 좌표 보정 및 모자이크 과정

항공사진에 나타나는 정보를 이용하기 위해서는 이미지 형태의 항공사진에 좌표 값을 입력하고, 왜곡된 영상을 보정하는 과정이 필요하다. 영상보정 과정은 지상기준점¹⁾(GCP)을 이용하여 원격탐사 영상자료에 포함된 비계통적 기하학적 왜곡을 보정하는 기하학적 보정(Geometric correction) 방식을 적용하였다. 2000년 항공사진은 GIS 기반의 디지털 환경에서 수치지도를 기준으로 Bessel 타원체의 중부원점 평면직각 좌표체계(Transverse Mercator)로 보정하고, 1969년과 1981년 항공사진은 보정된 2000년 항공사진을 기준으로 영상대 영상(Image to image) 방법으로 보정하였다.

1918년 지형도의 좌표 보정은 경위도 좌표로 되어 있는 도곽좌표를 좌표변환프로그램을 이용하여 Bessel 타원체의 중부원점 평면직각 좌표체계로 변환한 후 GIS 기반의 디지털 환경에서 지형도의 스캔이미지에 좌표변환 값을 입력함으로써 수치화하였다. 각각의 보정된 영상은 대규모 지역에 연속적인 자료를 만들기 위해 모자이크 과정을 통하여 하나의 하천으로 완성하였다. 특히 모자이크 시에는 항공사진이 촬영진행 방향으로 약 60%, 코스간 약 30%의 중복도를 갖도록 촬영되기 때문에 사진의 중앙부분을 중심으로 작업하는 것이 효과적이다. 그 결과 Fig. 2와 같이 모자이크 된 지형도와 항공사진이 중첩하여 보임으로써 좌표체계가 일치하는 것으로 나타났다.

Fig. 2. Overlap of Mosaic Images Following Coordinate Correction of 1918's Topographical Map and 2000's Aerial Photograph

1) 지상기준점(Ground Control Point) : 영상에서 그 위치를 확실하게 식별할 수 있는 지점으로써 해당위치의 지리 좌표 값을 확보할 수 있는 지점

3.2 하도 추출 및 하도형태 변화 분석

좌표 보정된 영상에서 하도 추출을 위한 경계조건은 인공제방과 자연제방을 기준으로 한 제외지를 공간적 범위로 설정하였다. 하도 추출은 좌표보정과 모자이크 과정으로 완성된 영상에 대해 GIS 환경에서 제방선을 기준으로 오류수정 작업을 거치면서 선 형식으로 완성하였다. 그리고 제방의 종단길이와 하폭(좌·우안 제방 간 거리)은 추출된 선형식의 하도 영상에서 정량적인 수치 데이터를 산정하였다. 특히 하폭 산정은 종단거리에 대한 하폭변화를 보다 세세하게 파악하기 위해 Fig. 3과 같이 비교적 짧은 종단 100m 간격으로 하도를 자동 분할한 후 하폭을 산정하였다. 하도 내 미지형 형태는 지형도가 갖는 정보의 한계 때문에 항공사진만을 대상으로 추출된 하도에서 모래사주(Sand bar), 식생사주(Vegetated bar), 식생영역(Vegetated area), 농경지(Farmland), 수역(Water area), 구조물(Works)로 구분하여 면적을 산정하고, 시간에 따른 변화를 분석하였다.

Fig. 3. Calculation of River Width with Vertical 100m Intervals

4. 하도형태 변화 결과

4.1 구하도 및 폐천 형태 및 규모

구하도 및 폐천이 발생하는 원인은 크게 자연적인 요인과 인위적인 요인으로 분류할 수 있다. 본 연구에서는 1918년 지형도의 하도 선형을 기준으로 직강화로 인한 하도 확대 및 하도가 절단(Cutoff)되는 형태를 연도별 항공사진의 하도 선형을 비교함으로써 파악하였다. 국내하천은 1970, 80년대 경지정리사업과 하천개수 사업을 시작으로 대부분이 제방축조 후 제방의 안전을 위해 사면 하단부에 세굴방지 시설을 설치하여 인위적인 유로변경 외에도 자연적인 변화가 점차 감소하고 있는 추세이고 하도 저수로의 유심부만이 변화하고 있다고 볼 수 있다(건설교통부, 2003). 이러한 변화는 본 연구의 대상하천인 청미천 경우도 해당된다. Fig. 4 and Table 1은 1969년, 1981년, 2000년 항공사진에 1918년 지형도의 하도를 중첩함으로써 청미천의 구하도 구간을 파악하고 형태 및 규모를 제시하였다. 청미천에서 형성된 구하도 구간은 1969년 15개, 1981년 16개, 2000년 20개 지점으로 2000년 AC-1~AC-20 지점의 하도는 하천기능이 상실된 구하도 형태로서 흔적만 남아 있을 뿐 현재는 폐천부지로서 대부분 농지로 이용되고 있다. 규모는 구하도 연장 1km 이상 되는 AC-7, AC-17, AC-19, 500m~1km 규모의 AC-1, AC-5, AC-6, AC-8, AC-9, AC-10, AC-12, AC-16, AC-18, AC-20, 500m 이하 규모의 AC-2, AC-3, AC-4, AC-11, AC-13, AC-14, AC-15 지점으로 구분할 수 있다. 이와 같이 형성된 구하도 구간은 향후 구하도 복원을 위한 대상지가 될 수 있으며, 과거의 구하도 선형 및 지형정보는 하도설계 방향에 중요한 자료를 제공할 수 있다.

Table 1. Information of Abandoned Channel on the Cheongmicheon

Year	A		B		Abandoned Channel length(m)			
	Name	No.	Name	No.				
1969	AC-1, AC-2, AC-3, AC-4, AC-5, AC-6, AC-7, AC-10, AC-11, AC-12, AC-13	11	AC-14, AC-16, AC-17, AC-18	4	AC-1	641	AC-11	479
					AC-2	476	AC-12	605
					AC-3	486	AC-13	370
1981	AC-1, AC-2, AC-3, AC-4, AC-5, AC-6, AC-7, AC-9, AC-10, AC-11, AC-12, AC-13	12	AC-14, AC-16, AC-17, AC-18	4	AC-4	209	AC-14	478
					AC-5	783	AC-15	394
					AC-6	712	AC-16	634
2000	AC-1, AC-2, AC-3, AC-4, AC-5, AC-6, AC-7, AC-8, AC-9, AC-10, AC-11, AC-12, AC-13	13	AC-14, AC-15, AC-16, AC-17, AC-18, AC-19, AC-20	7	AC-7	1,387	AC-17	1,227
					AC-8	543	AC-18	984
					AC-9	649	AC-19	1,054
					AC-10	680	AC-20	942

(a) Upstream of A Site(Left: 1969's Aerial Photograph, Right: 2000's Aerial Photograph)

(b) Downstream of A Site(Up: 1969's Aerial Photograph, Down: 2000's Aerial Photograph)

(c) Upstream of B Site(Left: 1969's Aerial Photograph, Right: 2000's Aerial Photograph)

(d) Downstream of B Site(Left: 1969's Aerial Photograph, Right: 2000's Aerial Photograph)

Fig. 4. Formation of Abandoned Channel on The Cheongmicheon

4.2 하도 중·횡단 변화

과거 1918년과 최근 2000년까지의 청미천 하도 형태는 Fig. 4 and 7에서 보듯이 1918년의 비교적 자연하도에서 제방과 호안이 시설되면서 정형화된 인공하도에 의한 변화를 명확하게 보여주고 있다. 특히 2000년 구하도가 빈번하게 형성된 A구간에서는 1918년 상황에 비해 곡률이 저하되고 수역 형상이 바뀌는 등 많은 변화를 보이고 있다. 이러한 변화를 정량적으로 파악하기

위해 청미천의 중·횡단 변화치를 조사구간별로 산정하여 Table 2에 제시하였다. 1918년부터 2000년 까지 중단별 제방 평균길이는 각각 4.9km, 0.4km, 1.4km 씩 감소되어왔고, 최종적으로 A와 B구간에서 각각 4.4km와 2.3km 정도 줄어들었으며 전체조사 구간에서는 6.7km의 제방 평균길이의 차이를 보이고 있다.

그리고 하천 중단길이에 대한 하폭(좌·우안 제방 간 거리) 변화를 나타낸 Fig. 5는 하도 직강화 등 하천정비 유무에 따라 연도별 하폭 변화가 상이함을 나타내고 있

Table 2. Summary of 1918 and 2000 River Physical Characteristics in Channel

Classification		Levee length(m)			Mean river width(m)
		Left bank	Right bank	Mean	
1918	A	26,910	27,023	26,966	-
	B	27,143	27,369	27,256	-
	Total	54,053	54,392	54,222	-
1969	A	23,315	23,896	23,605	150.6
	B	25,855	25,608	25,732	182.9
	Total	49,170	49,504	49,337	183.3
1981	A	23,061	23,475	23,268	147.2
	B	26,043	25,385	25,714	178.9
	Total	49,103	48,860	48,982	180.3
2000	A	22,555	22,670	22,613	151.2
	B	24,893	25,022	24,958	203.3
	Total	47,448	47,692	47,570	206.9

Fig. 5. Changes in River Width along the Cheongmicheon(Up: A Site, Down: B Site)

다. 연도별 하폭 변화가 최근 2000년의 경우 과거 1969년에 비해 보다 완만하고 변화폭이 작은 특징을 나타내는데 이는 과거 하도경계의 다양하고 역동적인 모습이 현재에는 하폭의 많은 부분이 일정한 간격을 유지한 채 획일적으로 직강화 되었음을 보여주고 있다. 하지만 실질적인 하폭 수치는 A 구간의 경우 큰 변화가 없는 것으로 나타났으나 국가하천 구간인 B 구간에서는 20m 정도 증가한 것으로 나타났다.

4.3 하도 내 미지형 변화

유사이송에 따른 토사분급을 이루는 충적하천에서 하도의 지형학적 변화는 자연스러운 현상으로써 홍수와 같은 자연교란에 의해 하상변동과 같은 하도의 종단적 변화와 하도선행 변화, 중규모 하상과 변화와 같은 평면적 변화가 지속적으로 반복되며 평형을 이루게 된다(옥기영 등, 2006년). 하지만 하천정비로 인한 유로변경, 하폭확장, 하천구조물 시설 등에 따른 평면적 고착화는 하도의 지형학적 변화를 수반하게 된다. 2000년 청미천 하도의 사행정도는 Fig. 7에서 보듯이 상대적으로 과거 1918년과 1969년에 비해 크게 저하되었고 이는 중·횡단 길이변화 결과와 더불어 하도 직강화가 이뤄졌음을 나타낸다. 최근 청미천 하천정비기본계획의 하도특성 조사결과에도 과거 제방의 사행하던 부분이 대부분 직선형으로 변경된 것으로 나타났다(건설교통부, 2003).

사주의 형태, 규모, 발생빈도, 위치는 유사의 크기와 양, 유사이송능력, 하천지형과 연관이 깊다. 하천에 나타나는 사주의 일반적인 형태는 Point bar, Middle bar, Alternate bar로 분류할 수 있는데 통상 사행하천의 만곡부 안쪽에는 Point bar가 형성되며, 규모와 종단면은 흐름특성, 만곡도, 퇴적되는 유사 크기와 양의 영향을 받는다(Dietrich *et al.*, 1984). Middle bar는 하안으로 연결되지 않는 범위 내에서 퇴적된 지역이며 Alternate bar는 직선하도 구간에서 좌우로 교호하는 형태로 나타

난다. 여기서 Point bar의 경우 사주의 이동이 없는 고정적 특성을 보이거나 Alternate bar는 홍수류 등에 의해 하류로 이동하는 특성을 나타낸다(장창래, 정관수; 2006). 전형적인 모래하천인 청미천은 Fig. 6에서 보듯이 1969년에는 일부 사행구간에서 고정적인 point bar 타입의 모래사주가 하도 내 사행에 따라 만곡부 안쪽에 반복되어 나타나고 있다. 하지만 1969년에 비해 2000년의 사주형상은 불규칙적이고 직강화 이후 이동성이 있는 Alternate bar 타입의 모래사주로 변화되는 양상을 보이는 것으로 판단된다. 실제 Fig. 6의 동일구간에서 만곡도(Sinuosity)는 1969년의 1.20 이었던 값이 2000년 1.09로 줄어들어, 약 9.2% 정도 감소하였고, 2000년에는 하천구조물이 시설되었다. 이 외에도 일부구간에서는 취수보 등에 의한 유량저하로 인해 다수의 모래사주가 형성되는 등 전체 하도영역 내 모래사주의 면적도 591,035m² 만큼 크게 증가하였다. 이와 같은 결과는 하천정비로 인한 하폭 확장이 원인으로 향후 하도형태의 변화가 발생할 가능성을 내포하고 있다. 따라서 복원하도를 선정할 경우 Alternate bar가 형성된 구간은 복원하도 유입부의 폐색 영향을 검토하여야 한다.

Fig. 7은 청미천 하도 내 미지형의 변화 양상을 연도별로 도시한 것이다. 이 결과를 토대로 정량적인 미지형 영역 면적과 면적비율 산정 결과를 Table 3 and Fig. 8에 각각 제시하였다. 1969년에는 시설되지 않았던 보와 같은 하천구조물이 1981년에는 A구간에 5개, 2000년에는 A, B구간에 각각 7개씩 총 14개로 증가하였다. 총 하도영역(Total channel area)은 구하도 형성 구간이 집중된 A구간에서 1969년과 2000년 사이에 감소하였고, B구간은 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 청미천 조사구간에 대하여 1969년에서 2000년 사이 모래사주는 6.3%(591,035m²), 식생사주는 20.7%(1,810,218m²), 식생영역은 3.1%(261,225m²) 증가한 반면 농경지와 수역은 각각 12.7%(1,033,697m²), 17.4%(1,353,826m²) 감소하였

Fig. 6. Changes in Micro-Landform by Channel Improvement from 1969 to 2000

Fig. 7. Comparison of Channel Planform Change between 1918 and 2000

Fig. 8. Ratio of Micro-landform Area between 1969 and 2000

다. 모래사주 변화는 1969년에서 1981년 사이에는 13.5%(986,774m²)가 증가하였으나, 1981년에서 2000년

사이에는 A구간의 경우 큰 변화 없이 B 구간에서 7.2%(401,441m²)정도 감소하였다.

모래사주와 식생사주의 증가는 구조물 설치와 하천 형태에 따른 영향으로 구분하여 평가하여야 한다. 하천에 설치된 보는 보 직하류부에서는 세굴현상의 원인이 되고, 세굴된 하상은 일정구간 하류부에서 퇴적이 발생한다(Fig. 9). 퇴적된 하상은 일정기간 모래사주를 증가시키며, 고착화 되면서 식생사주를 증가시키는 원인이 된다. 하천형태 변화로 인한 모래사주 증가는 동일한 하천에서 저수지 건설 등 유량변화 요인이 없을 경우 저수로 폭이 감소하고 수심이 깊어지는 현상이라 예측할 수 있다(Fig. 10). 또한 식생사주의 증가는 모래사주가 고정화되어 식생이 활착한 것으로 점차적으로 하천이 안정화되는 과정이라 판단할 수 있다. 이러한 미지형 변화 결과는 인위적인 하천지형 변화와 하천구조물 증가요인에 의한 하도변화 영향이라 판단할 수 있는 중요자료이다. 하천변화 과정은 하천단면, 모래사주 형태, 유사량 자료 등 다양한 검토를 통해 분석하여야 정확히 예측할 수 있다. 하지만 다양한 자료가 없는 국내 실정에서 항공사진을 통한 영상분석기법은 하도평가의 중요한 자료를 제공할 수 있다.

Table 3. Summary of 1969 and 2000 Micro-Landform Characteristics in Channel

Classification		Vegetated Bar(m ²)	Vegetated Area(m ²)	Farmland (m ²)	Sand Bar (m ²)	Water Area(m ²)	Total Channel Area(m ²)	Works (No.)
1969	A	743,795	-	1,088,418	497,668	1,228,464	3,558,346	0
	B	723,351	-	334,211	1177868	2,429,465	4,664,894	0
	Total	1,467,146	-	1,422,629	1675,536	3,657,928	8,223,240	0
1981	A	573,216	15,651	908,451	830,605	947,574	3,275,497	5
	B	499,890	27,170	375,649	1,831,705	1,836,197	4,570,612	0
	Total	1,073,105	42,822	1,284,100	2,662,310	2,783,771	7,846,109	5
2000	A	1,407,258	98,210	211,073	836,306	909,735	3,462,583	7
	B	1,870,105	163,015	177,860	1,430,264	1,394,367	5,035,611	7
	Total	3,277,364	261,225	388,932	2,266,571	2,304,102	8,498,194	14

Fig. 9. Change of Bar Because of the Works Installation

Fig. 10. Changes of Bar Because of Channel Morphology Change

5. 결 론

본 연구는 구하도 복원에 필요한 과거 자연하천의 형상 정보와 변화 양상을 파악하기 위해 영상분석기법을 적용하였고, 이를 평가하였다. 국내 하천정비의 특성상 단기간의 인위적인 하도 직강화로 인해 나타난 청미천의 구하도 구간은 총 20개 지점이 존재함을 파악하였다. 1918년부터 2000년까지 종단별 제방 평균길이는 각각 4.9km, 0.4km, 1.4km 씩 줄어들었으므로 전체적으로 6.7km의 길이 차를 보이고 있다. 특히 구하도 구간이 집중되고, 곡률 저하가 심화된 A구간의 경우 4.4km가 줄어들는 것으로 나타났으며, 이로 인한 하도경사 증가는 하상유지를 목적으로 하는 구조물이 증가하는 원인이 된다. 하도 횡단 변화의 경우 최근 2000년의 종단별 하폭변화가 1969년에 비해 보다 완만하고 변화폭이 작은 특징을 나타냄으로써 하도의 다양한 형상이 현재는 하폭이 일정한 간격을 유지한 채 획일적으로 직강화 되었음을 보여주고 있다.

미지형 영역 분류를 통한 정량적 비교 결과 모래사주(6.3%), 식생사주(20.7%), 식생영역(3.1%)은 증가한 반면 농경지(12.7%)와 수역(17.4%)은 감소하였다. 특히 하도 직강화와 보로 인해 모래사주의 형상이 만곡 지점에서 발생하는 point bar에서 Alternate bar 형태로 변화되거나 사주가 증가하는 것으로 나타났다. 또한 모래사주의 상당부분에서 식생활착이 이뤄짐으로써 사주가 안정화되는 경향을 보이고 있다. 이러한 미지형 변화 결과는 1969년과 2000년 항공사진 촬영일자가 동일한 4월 갈수기임을 감안할 때 유량차이에 의한 요인보다는 인위적인 하천지형변화와 하천구조물 증가요인에 의한 영향이 클 것으로 판단된다.

본 연구에서 얻어진 결과는 사주의 변화 경향, 식생 활착의 유무 등 하도지형변화에 대한 거시적 현상을 보여줌으로써 현재하도의 상태를 파악할 수 있었다. 이와 같은 평가자료는 복원하도 유입부와 유출부의 위치선정 및 대안을 선정하기 위한 자료이며 기존하도의 유지 및 복원하도의 규모와 유량선정의 기초자료가 되며 중요한 고려 사항이 될 수 있다. 반면, 영상분석결과는 평면적인 정보만을 제공할 수밖에 없는 한계는 가지고 있지만 충분한 자료가 축적되어 있지 않은 국내 실정에서 영상 분석을 통한 지형변화 분석은 하도평가에 매우 중요한 방법이다. 향후 구하도 복원에 있어 유량, 단면, 유사, 하상재료 등과 같은 수리특성 인자와 연계하여 하천을 평가할 수 있다면 영상자료가 갖는 평면적인 해석을 극복할 수 있는 기법으로 활용가능 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원의

건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심 B01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 건설교통부 (2003). **청미천수계 하천정비기본계획**, pp. 97-139.
- 박근애, 이미선, 김현준, 김성준(2004). “항공사진을 이용한 하천형태 및 하천부지 변화추세 분석.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제24권, 제5D호, pp. 815-821.
- 배선학 (2007). “1910년대 지형도를 이용한 근대화 이후의 도시 변화 분석.” **한국지리정보학회지**, 한국지리정보학회, 제10권, 제3호, pp. 93-103.
- 옥기영, 이삼희 (2006). “하도의 이동상 감소에 따른 하천 지형의 변화 연구.” **한국수자원학회 2006년도 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 1042-1046.
- 이근상, 이현석, 채효석, 황의호 (2007). “항공영상을 이용한 도시하천의 토지이용 분석.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제27권, 제3D호, pp. 351-357.
- 장창래, 정관수 (2006). “사행하천에서 사주의 이동특성에 관한 수치실험.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제26권, 제2호, pp. 209-216.
- 한국건설기술연구원 (2004). **다기능 하천실험사업 연구보고서**, 건기연 2004-049, pp. 88-98.
- Dietrich, W.E., Smith, J.D., and Dunne, T. (1984). *Boundary shear stress, sediment transport and bed morphology in a sand-bedded river during high and low flow*. Meandering Rivers, Elliott, C. M.(Ed.), ASCE, pp. 632-639.
- Duncan, W., Jeff, W., and Louise, B. (2008). “Gravel extraction and planform change in a wandering gravel-bed river : The river Wear, Northern England.” *Geomorphology*, Vol. 94, Issues 1-2, pp. 131-152.
- Katherine, F.L., and Alan, W. (1999). “River channel planform change : software for historical analysis.” *Geomorphology*, Vol. 29, Issues 1-2, pp. 107-120.
- Sandra, J.W. (2000). “Medium and short-term channel planform changes on the river Tay and Tummel, Scotland.” *Geomorphology*, Vol. 34, Issues 3-4, pp. 195-208.
- Veerle, V., Armando, M., Gerard, G., Jean, P., Gerd, D., and Seppe, D. (2005). “River channel response to short-term human-induced change in landscape connectivity in Andean ecosystems.” *Geomorphology*, Vol. 72, Issues 3-4, pp. 340-353.

(논문번호:09-32/접수:2009.03.18/심사완료:2009.04.08)