

## 항공사진 품질향상 방안

# Quality Improvement on Aerial Photographs

조우석<sup>1)</sup> · 이성훈<sup>2)</sup> · 최승식<sup>3)</sup> · 황현덕<sup>4)</sup> · 이하준<sup>5)</sup>

Cho, Woosug · Lee, Sung Hoon · Choi, Seung Sik · Hwang, Hyun Duk · Lee, Ha Joon

### Abstract

As primary source data toward the systematic and efficient management of national land, the aerial photographs have been utilized in many different areas. However, the quality of aerial photographs does not meet the requirement of the users due to unidentified miscellaneous reasons. Aiming for the improvement of the quality of aerial photographs, we first investigated the current status of domestic rules and working procedures related to aerial photographing and film processing in great details. In addition, we investigated and analyzed those of advanced nations such as U.S.A., Canada, G.B. and so on. It was drawn from the comparison and analysis that the poor quality of domestic aerial photographs resulted from lack of the quantitative and objective standards on aerial photography specification as well as poor condition and aging problem of equipments such as aerial camera and film developing equipment. In this paper, we proposed a stepwise strategic plan which consists of the aerial photography specification and quantitative quality control standard taking into consideration the current status of domestic rules and working procedures.

### 요 지

최근 국토의 효율적 관리 및 이용을 위한 기초자료로서 항공사진은 다양한 분야에서 활용되고 있지만 항공사진의 품질은 여러 가지 이유로 인하여 사용자의 요구를 충족시키지 못하고 있다. 본 연구에서는 국내 항공사진 품질의 향상을 목적으로 국내 항공사진 촬영 및 처리에 대한 객관적인 기술수준과 현황을 조사하였으며, 선진 외국의 항공사진 촬영 및 처리에 대한 규정과 비교하여 국내 규정 및 작업방법의 문제점을 분석하였다. 분석한 결과 시급히 개선되어야 하는 문제점은 크게 객관적이고 정량적인 기준의 미비와 사용 장비의 노후화 및 성능저하로 나타났다. 먼저 국내에 적용가능한 객관적이고 정량적인 기준을 도입하기 위하여 국내의 규정과 작업방법을 비교분석하여 촬영계획, 촬영조건, 필름처리 등에 대한 적합한 기준 및 방법을 단계별로 제시하였다. 또한, 객관적이며 정량적인 품질검사방법으로 기준 피사체에 대한 시험노출과 필름의 농도측정을 제안하였다. 국내 항공사진 촬영장비의 경우 외국의 기준을 만족하는 장비가 국내에서 사용되는 전체 장비의 절반이하인 현실을 고려하여 점진적인 개선방안을 제안하였다.

핵심용어(Keywords) : 항공사진, 항공사진촬영, 항공사진처리, 품질향상방안, 작업규정, 품질검사기준

## 1. 서 론

최근 국토의 효율적 관리 및 이용을 위한 기초자료로서 항공사진은 다양한 분야에서 활용되고 있으며 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 또한 정부기관이나 민간부문에

서 정사영상, 영상지도 등 수치지도에 대한 보조자료로서 항공사진의 수요가 급격히 증가하고 있으며, 항공사진의 데이터베이스 구축을 위한 전산화 작업의 확산과 함께 항공사진영상의 응용이 활발히 이루어지고 있다.

그러나 이와 같은 활용범위와 수요의 증가에도 불구하고

- 1) 정회원 · 인하대학교 공과대학 토목공학과 조교수(E-mail:wcho@inha.ac.kr)
- 2) 정회원 · 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 박사과정(E-mail:g2011525@inhavision.inha.ac.kr)
- 3) 정회원 · 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 석사과정(E-mail:g2021285@inhavision.inha.ac.kr)
- 4) 정회원 · 인하대학교 공과대학 지리정보공학과 석사과정(E-mail:g2021289@inhavision.inha.ac.kr)
- 5) 정회원 · 건설교통부 국토지리정보원(E-mail:lcebug@moct.go.kr)

고 현재 국내 항공사진의 품질은 사용자의 요구를 충족시키지 못하고 있는 실정이다. 1930년대부터 항공사진 촬영 및 처리에 관한 연구가 본격적으로 이루어지기 시작한 선진 외국에 비해 국내의 경우에는 아직 체계적인 연구가 미흡하며 상당부분을 기술자의 경험과 주관적인 판단에 의존하고 있다. 이와 같은 국내 현실로 인하여 항공사진 촬영 및 처리에 대한 체계적인 규정과 작업방법 및 정량적인 품질관리 기준이 아직 마련되어 있지 못하며, 아직까지 도제식 기술전수 방식을 고수함에 따라 관련 기술정립 및 인력양성에 많은 어려움을 가지고 있다(조우석, 2002).

본 연구에서는 국내 항공사진 품질의 향상을 목적으로 국내 항공사진 촬영 및 처리에 대한 객관적인 기술수준과 현황을 조사하였으며, 선진 외국의 항공사진 촬영 및 처리에 대한 규정과 비교하여 국내 규정 및 작업방법의 문제점을 분석하였다. 또한, 이와 같은 분석결과를 토대로 항공사진의 품질향상을 위한 국내 규정 및 작업방법의 개선방안과 항공사진의 객관적 품질검사를 위한 정량화된 검사기준을 제시하였다.

## 2. 국내 항공사진 촬영·처리 현황 및 문제점

국내 항공사진 촬영 및 처리 분야의 정확한 현황을 파악하기 위하여 관련 규정 및 작업방법을 조사하였으며, 현재 실질적인 업무를 수행하고 있는 6개 항공회사를 대상으로 현황조사 및 분석을 수행함으로써 국내 규정 및 작업방법에 대한 문제점을 도출하였다.

### 2.1 국내 보유장비와 인력현황 및 문제점

#### (1) 보유장비 현황 및 문제점

항공사진 촬영 및 처리를 통해 얻어진 음화필름의 품질은 여러 가지 요소에 의해 영향을 받는다. 이 중 실제 작업에 사용되는 장비의 성능이 중요한 부분을 차지한다. 항공사진 촬영 및 처리에 사용되는 다양한 장비 중 항공사진의 품질에 비교적 밀접한 영향을 미치는 것으로는 항공기, 항공사진촬영용 카메라 및 필터, 필름현상기이다(ASPRS, 1995; USGS, 1998). 본 연구에서는 국내 항공사진 촬영 및 처리 분야에 대한 정확한 현황파악의 일환으로 국내 6개 항공회사에서 보유하고 있는 주요 장비의 제원과 성능을 조사하였다.

현재 항공사진촬영을 위해 국내 항공회사가 보유하고 있는 항공기는 총 8대이며, 모두 프로펠러 추진방식의 경항공기를 이용하고 있는 것으로 조사되었다. 이 항공기들은 항공사진측량의 원활한 수행을 위해 요구되는 최소속도인 180km/h 이상의 유효속력을 유지할 수 있으며, 항공기에 장착되어 있는 카메라 및 부수장비의 전원 공급을 위해 기본적으로 12V 이상의 출력전압을 나타내고 있는 등 항공사진촬영을 위해 요구되는 기본적인 성능을 만족하고 있다. 그러나 2개사에서 보유하고 있는 최신의 CESSNA C-208 기종을 제외한 나머지 항공기들은 제작연도가 모두 10년에서 많게는 30년 이상 된 구식 기종으로 조사되었다. 또한, 자동항법장치와 같은 각종 첨단장비의 탑재 미비로 대다수 회사들에서 사진촬영기술자의 경험에 의존하여 육안으로 촬영경로를 유도하고 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 촬영방식은 객관적으로 정량화된 기준의 수립이 어렵기 때문에 교육훈련이나 기술의 숙지에 많은 시간이 소요된다는 점에서 개선이 요구되고 있다.

지도제작 등 측량목적의 정밀작업을 위한 항공사진의 촬영에 있어서 결과물의 품질을 결정하는 중요한 요소 중의 하나는 카메라와 필터 등과 같은 광학장비의 성능이라고 할 수 있다. 현재 국내 업체들이 보유하고 있는 항공사진촬영용 카메라의 종류와 성능은 표 1에 나타난 바와 같으며, 대다수 업체에서 Leica사와 Zeiss사의 카메라 및 필터를 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

카메라의 성능에 가장 큰 영향을 미치는 카메라 점정은 대다수의 카메라에 대해 1990년대 후반부에 실시된 것으로 나타났으며, 검정 수행기관은 Zeiss사 카메라의 경우 독일의 DKD가 대부분을 차지하고 있고, Leica사 카메라의 경우 Lieca AG, SwissOptic, USGS 등이 고루 분포하고 있다. 그러나 외국의 관련기관들에서 일반적으로 요구하고 있는 검정주기인 3년 이내의 검정기록을 가지고 있는 카메라는 실제적으로 10대의 카메라 중 3대에 불과한 것으로 나타나 항공사진의 품질에 영향을 미칠 수 있을 것으로 조사되었다. 또한, 항공사진촬영에서 기상조건과 더불어 영상의 품질을 저하시키는 가장 큰 원인으로 판단되는 전방상이동보정(Forward Motion Compensation, FMC)을 위해 국내 항공회사 모두 FMC 기능이 장착되어 있는 카메라를 1대 이상 보유하고 있는 것으로 나타났다.

항공사진촬영이 완료된 원본 필름에 대한 처리작업을 위해 국내 항공회사 모두 1대 이상의 흑백필름 현상기를 보유하고 있으며, 이 중 3개 회사는 컬러필름 현상기도 보

표 1. 국내 항공사진촬영용 카메라 보유현황 및 제원

보유업체	종류	제조사	제조년도	Lens Cone	초점거리(mm)	검정일자	검정기관	FMC
A사	RC-20	Leica	1993	15/4 UAGA-F	153.574	1998. 7	USGS	장착
B사	RMK Top	Zeiss	1998	-	153.534	1998. 6	DKD	장착
	LMK-15	Jena	1988	Lamegon PI-C	152.242	1999. 3	USGS	장착
	RC-10	Leica	-	-	152.870	1997. 4	Leica	미장착
C사	RMK-A	Zeiss	-	PLEOGON A2	152.772	1998. 6	DKD	장착
	RMK-A	Zeiss	-	PLEOGON A2	153.318	2000. 12	DKD	미장착
D사	RMK-A	Zeiss	-	PLEOGON A2	152.592	-	Zeiss	장착
E사	RC-30	Leica	1996	15/4 UAG-S	153.710	1996. 10	Leica	장착
F사	RC-10	Leica	1986	-	153.400	1994. 6	SwissOptic	미장착
	RC-30	Leica	1994	15/4 UAG-S	152.846	1999. 7	SwissOptic	장착

유하고 있는 것으로 조사되었다. 흑백필름 현상기의 경우 3개사에서 Zeiss사의 FE-120을 사용하고 있으며, 기존의 수동방식을 기본사양으로 하여 모터를 달아 필름의 감기 및 되감기 작업을 전동으로 수행할 수 있도록 변형한 형태의 장비를 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 나머지 현상기의 경우에도 Colenta사의 장비를 제외하면 아직 수동방식에서 탈피하지 못하고 있는 것으로 파악되고 있다. 현상방식의 차이를 통해 단순히 어느 방식이 더욱 좋은 결과를 제공한다고 결론지을 수는 없지만 자동방식의 경우 일괄적인 작업과 동일한 작업환경의 유지를 통해 일정한 품질의 결과를 얻을 수 있으며, 객관적이고 정량화된 규정을 도출할 수 있으므로 작업자 개개인의 주관적인 판단에 의한 영향을 최소화할 수 있다는 점에서 보다 효율적이라고 할 수 있다(ICAS, 1999).

흑백필름의 경우와는 반대로 컬러필름 현상기의 경우, 국내에서 사용되고 있는 2대의 Colex사 제품과 1대의 Colenta사 제품이 모두 자동방식이다. 따라서 일단 작업자에 의해 온도나 시간 등의 기본적인 환경이 설정되고 현상에 사용되는 화학약품이 용기에 주입되면, 필름의 건조까지 모든 공정이 자동으로 이루어지는 것으로 조사되었다.

(2) 인력 현황

국내 항공회사에서 근무하고 있는 항공사진 촬영 및 처리 분야의 기술자 현황을 조사하였으며, 이들의 학력, 전공, 근무년수, 자격사항 등에 대하여 통계분석을 수행하였다. 현재 국내 관련분야에서 종사하고 있는 기술자의 수는 총 39명인 것으로 조사되었으며, 전공별로는 이공계열과 인문계열 전공자가 각각 10명(26%)으로 전체의 절반 정도

비율을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 항공사진촬영과 직접적으로 관련 있는 분야를 전공한 기술자의 경우 항공운항과와 항공정비과가 각각 4명(12%)으로 가장 많은 부분을 차지하고 있고, 사진학과가 3명(9%)인 것으로 조사되었다.

자격사항별로는 조종사와 항공정비사, 항공사진기능사 자격증을 보유하고 있는 인력이 각각 12명(31%), 11명(28%), 13명(33%)으로 비슷한 비율을 나타내고 있었다. 기타로 분류된 3명(8%)의 경우 항공사진촬영과 관련된 자격증을 소지하지 않았으며, 현재 항공사진의 처리 업무에 종사하고 있는 것으로 나타났다.

근무년수에 따른 인력분포는 6~10년 사이의 경력을 가진 기술자가 9명(22%)으로 가장 많은 비율을 차지하고 있었고, 0~5년과 21~25년이 각각 8명(21%), 7명(18%)이었다. 전체적으로는 10년 이상의 장기근속자가 22명(57%)으로 절반이상의 비율을 차지하고 있으며, 20년 이상을 근무한 기술자만도 16명(41%)인 것으로 조사되어 다른 분야에 비해 오랜 경력을 지닌 인력의 비율이 상대적으로 높은 것으로 분석되었다. 학력에 따른 인력분포의 경우 전체 인력의 절반 정도인 17명(44%)이 고졸 학력을 가지고 있으며, 그밖에 대졸 16명(41%), 전문대졸 6명(15%) 등인 것으로 조사되었다. 특히, 고졸로 조사된 인력 중의 대다수는 공업계 또는 기술계열 학교를 졸업한 것으로 나타났고, 이들 모두는 항공기의 정비나 사진촬영, 사진처리 분야에 종사하고 있는 것으로 파악되어 현재 이들 분야가 기능직의 성격을 강하게 나타내고 있는 것으로 분석되었다.

## 2.2 항공사진 촬영·처리 작업공정 및 문제점

국내에서 수행되고 있는 항공사진 촬영 및 처리 작업공정은 그림 1과 같이 크게 촬영계획 수립, 항공사진촬영, 항공필름 처리, 품질검사, 보안지역 처리, 필름주기 기입 등의 단계로 구성되며 각 단계별로 수행되는 작업내용과 문제점은 표 2에 나타난 바와 같다.

이들 작업과정 중 촬영된 항공사진의 원본필름에 대한 처리과정은 다시 현상, 정착, 수세, 건조의 4가지 단계를 통해 이루어진다. 현재 국내에서는 흑백필름에 대해 수동 및 자동 현상방법에 따라 KODAK DK-50과 부흥산업 AD-101 현상약을 이용하여 현상처리를 수행하고 있으며, 정착약품으로는 Super-Fix와 AF-101이 사용되고 있다. 컬러필름의 경우에는 모두 KODAK AN-6 현상공정을 이용하여 자동현상작업이 수행되고 있는 것으로 조사되었다. 원본필름에 대한 처리 중 가장 중요한 요소는 사용되는 용액의 온도와 처리속도를 결정하는 것이며, 이들 요소에 의해 필름에 나타나는 영상의 품질이 결정된다. 이와 같은 관점에서 현재 국내에서 흑백필름의 처리를 위해 일반적으로 사용되는 수동현상공정의 경우 작업을 수행하는 동안 일정한 환경의 유지가 어렵고,

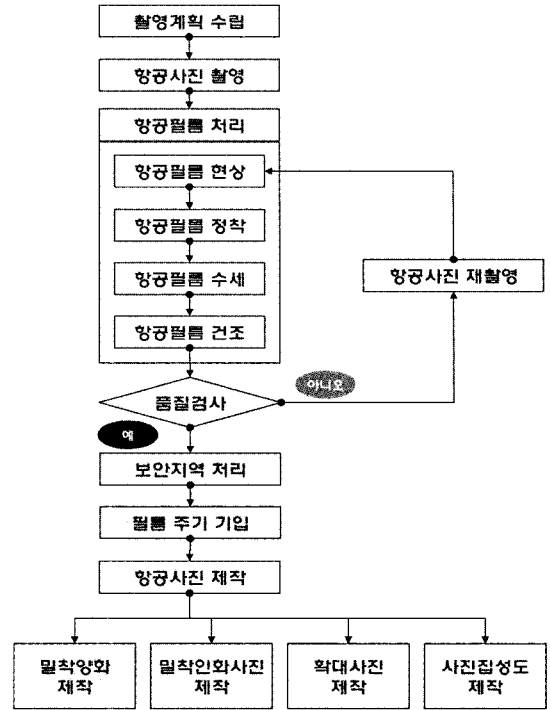


그림 1. 국내 항공사진촬영 작업공정

표 2. 국내 항공사진 촬영 및 처리 작업단계별 작업내용 및 문제점

작업단계	작업내용	문제점
촬영계획 수립	· 촬영지역 확인, 항공사진 축척에 따른 비행고도 결정, 비행경로 선정 등 촬영설계 · 축척 1/25,000 또는 1/50,000 지형도 상에 촬영계획도 작성	· 비행금지지역에 대한 제한공역의 확인과 이에 따른 촬영허가 및 승인 필요 · 기상상태가 양호하더라도 실제적으로는 촬영이 불가능한 상황이 발생할 소지가 많음
항공사진 촬영	· 촬영계획에 따라 항공사진 촬영 수행	· 항공사진 촬영을 위한 정량화된 기상조건 기준 미비 · 국내의 경우 아직까지 촬영기술자가 촬영계획도와 실제 지형을 비교하며 수동으로 항공기의 관제를 실시하고 있는 상황 · 조종사 및 촬영기술자의 경험과 숙련된 기술이 요구되며, 이들 간의 원활한 의견교류가 필수적임
항공필름 처리	· 원본 필름에 대한 현상, 정착, 수세, 건조의 4가지 처리단계 수행	· 국내의 경우 수동처리 공정이 주로 사용되므로 품질의 일관성 유지에 어려움
품질검사	· 원본필름과 양화필름, 5배 확대사진에 대한 육안검사 실시	· 평가기준이 상당히 부정적이고 검사자의 주관적인 판단에 의존 · 객관적인 기준의 정립이 시급함
보안지역 처리	· 기무사령부의 검사에서 보안지역으로 판정된 영역에 대해 원본필름을 굽어내어 완전히 삭제한 후, 이 위에 인화작업을 위해 황색의 특수 테이프를 붙여 처리	· 원본필름의 검사과정에서 표면 긁힘이 발생하거나 시간이 지남에 따라 테이프의 접착부분이 녹아 필름이 손상되는 등의 문제가 발생함으로써 원본필름의 품질에 심각한 손상을 가져오는 경우가 많음
필름 주기기입	· 원본필름 상단에 계획기관명, 촬영지역명, 촬영년월일, 촬영경로 및 사진번호, 사진축척, 방위표 등을 포함하는 주기내용을 유성잉크를 묻힌 스텝프를 이용하여 작업자가 원본필름에 찍는 과정을 통해 수행	· 잉크가 튀어 필름의 품질을 저하시키거나 규정된 주기를 입력하기 위해 반복적인 작업을 수행하는 과정에서 필름 표면에 긁힘 등의 문제가 발생 · 기계적인 프린트 방식의 도입이나 스트립 필름의 노출, 주기함목의 축소, 원본필름에의 주기기입 금지 등 보완방안이 필요함

작업자에 따라 어느 정도의 편차가 나타난다는 점에서 작업자의 높은 숙련도를 필요로 하게 된다. 반면 자동현상공정의 경우에는 모든 작업이 자동으로 수행되므로 작업자의 숙련도에 의한 차이는 그다지 크게 나타나지 않지만, 작업 도중 온도와 처리속도 등 설정값의 변경이 불가능하다는 점에서 최적의 현상조건 결정을 위한 시험현상작업과 시험결과물에 대한 정량적인 품질검사가 반드시 요구된다.

이상과 같이 국내에서 수행되고 있는 항공사진 촬영 및 처리 작업공정에서 몇 가지 문제점이 도출되었으며, 이중 가장 중요한 문제는 수동현상이나 자동현상의 경우 모두 정확한 현상작업의 수행을 위해 필요한 객관적인 기준이 미비하다는 점이다. 수동현상의 경우 작업자의 육안판단에 의해 현상의 정도를 결정하므로 항공사진의 일관적인 품질유지가 어려운 것이 사실이며, 이와 같은 문제는 자동현상의 경우에도 동일하게 나타나고 있다. 자동현상에서는 현상액의 온도와 기계속도 등의 환경설정에 대한 기준이 현재 명확하게 정립되어 있지 않기 때문에 필름의 현상 전에 필름 앞부분의 리더(Leader)에 대한 몇 번의 시험현상을 수행한 후 그 결과를 작업자가 육안으로 보고 적정성을 판단하고 있다. 이와 같은 작업방식으로 인해 사실 자동현상이라고 하더라도 결과물의 일관성 유지가 상당히 어려운 것으로 조사되었다. 이러한 기준의 미비는 필름에 대한 품질검사에서도 그대로 나타나 정량적이고 객관적인 품질평가를 불가능하게 하는 원인이 되고 있다.

### 3. 국내의 항공사진 촬영·처리 규정의 비교 및 분석

#### 3.1 국내 규정

건설교통부 산하 국토지리정보원에서 제정한 「항공사진 측량작업내규」 중 “제3장 항공사진촬영” 부분에서 항공사진 촬영 및 처리와 관련된 내용을 규정하고 있다(국토지리정보원, 1988). 이 규정은 총 5절 16조로 구성되어 있으며, 항공사진촬영에 대한 정의는 물론이고 촬영계획의 수립부터 성과품의 제출에 이르기까지 항공사진촬영과 관련된 전반적인 부분에 대해 포괄적으로 규정하고 있다. 이 중 본 연구의 주제인 항공사진 품질과 관련된 요소들인 촬영용 장비 및 재료, 촬영비행 조건, 항공필름 처리 및 항공사진 제작, 검사 등에 대해서는 각각 제16조, 제19조~제22

조, 제24조~제25조 등에서 규정하고 있다.

#### (1) 항공사진촬영

항공사진촬영에 사용되는 장비 및 재료에 대해서는 제16조에서 촬영용 항공기, 카메라의 장착 위치, 카메라의 의곡수차(barrel distortion), 항공사진용 필름 등의 규격을 규정하고 있다. 카메라는 검정을 필한 것으로 의곡수차 0.01mm 이내의 것을 사용하여야 하며, 렌즈 부분이 배기가스 등으로 인한 이상굴절 및 기름분무의 영향을 받지 않는 위치에 장착되어야 하고, 필름은 0.015% 이하의 신축율을 가진 것을 사용하도록 규정하고 있다. 그러나 실제로 촬영된 항공사진의 품질에 민감하게 반응하는 카메라의 성능이나 검정주기, 검정수행기관, FMC의 성능 등에 대한 구체적인 내용에 대해서는 규정하고 있지 않다.

촬영비행을 위한 조건은 제19조에서 시정이 양호하고 맑은 날씨에 수행하며, 태양고도가 산지의 경우 30°, 평지에서는 25° 이상이 되어야 한다고 규정하고 있다. 그러나 촬영 당시의 기상 조건에 대한 이러한 정성적인 표현은 상당부분 작업자의 주관적인 판단에 의존할 수밖에 없기 때문에 객관적으로 정량화하여 나타낼 수 있는 방안이 모색되어야 한다.

촬영된 항공사진의 품질에 대한 규정은 제20조~제22조에서 명시되고 있으며, 제20조의 경우 촬영된 사진의 연직성, 편류각 등에 대한 정량적인 기준과 함께 영상의 품질은 5배이상 확대할 경우에도 선명도를 유지해야한다고 개략적으로 규정하고 있다. 제21조와 제22조는 항공사진의 재촬영을 위한 판정기준과 판정자료에 대해 규정하고 있으며, 이들 항목 역시 사진의 중복도와 촬영경로 등 위치정확도에 대해서는 정량적인 기준을 제시하고 있는데 반해 영상의 품질에 대해서는 선명해야 한다는 원칙만을 명시하고 있다.

#### (2) 항공사진 처리

항공사진의 처리 및 제작, 검사 등에 대한 규정은 제24조와 제25조에 명시되어 있지만 상이 선명하게 재현되어야 한다는 정성적인 기준만이 명시되어 있을 뿐 각각의 작업공정에 대한 명확한 규정이나 기준이 구비되어 있지 않다. 또한 품질을 판단하기 위한 방법으로 육안 검사 이외의 다른 방법을 제시하지 않고 있다는 점에서 작업자나 검사자의 주관적인 판단에 따라 서로 다른 결과를 도출할 우려가 있다.

### 3.2 국외 규정

본 연구에서는 국내 항공사진 촬영 및 처리 분야의 작업에 대한 적합성을 분석하기 위하여 미국, 캐나다, 독일, 영국 등 관련분야의 선진국을 대상으로 표 3과 같이 11개 관련 기관에서 제정한 17개 작업지침 및 규정을 조사하고 작업단계별 세부 규정을 분석하였다.

#### (1) 항공사진촬영

선진외국의 관련기관에서 항공사진의 고품질을 유지하기 위해 항공사진촬영과 관련하여 규정하고 내용은 크게 기상상태와 장비의 성능에 대한 규정으로 구분할 수 있다 (B.C. Canada, 1999; RICS, 1986). 항공사진촬영을 위한 기상조건은 모든 외국 기관들에서 거의 동일한 기준을 제시하고 있다. 기본적으로 안개나 눈, 먼지, 낙엽 등이 나타나지 않는 시기에 항공사진촬영이 이루어져야 하고, 촬영 당시의 기상은 운량 5% 이내, 시정 16km 이상, 풍속 32km/h

이하인 쾌청한 날에 수행해야 할 것을 규정하고 있다 (ICAS, 1981; BKG, 1995). 또한, 항공사진에 나타나는 그림자 길이와 영상의 획득에 필요한 충분한 광량의 확보를 위해 촬영 당시 태양고도에 대한 제한조건을 추가하고 있다. 각 국가별 위도차이로 인해 그 기준에 상당히 많은 차이가 발생하고 있지만, 모든 규정에서 동일하게 지역태양시로 오전 10시부터 오후 2시 사이의 태양고도가 가장 높은 시점에서 항공사진촬영을 수행할 것을 명시하고 있다 (B.C. Canada, 2003a; Texas DOT, 2000).

항공사진촬영에 사용되는 장비에 대해서는 카메라와 FMC에 대한 내용을 모든 기관들에서 상당히 자세히 다루고 있다. 카메라의 성능 판단을 위한 기준으로 제시하고 있는 항목들은 기관별로 서로 다르지만 기본적으로 RC-20 이상의 성능을 가진 카메라의 사용을 권고하고 있으며, 카메라에 대한 정기적인 검정작업의 수행을 기본규정으로 명시하고 있다. 카메라에 대한 검정주기는 기관에 따라 2

표 3. 국외 관련기관의 작업지침 및 작업규정

연번	국가	제정기관	규정명	제정연도
1	미국	ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing)	Draft Standard for Aerial Photography	1995
2		California DOT (California Department Of Transportation)	Qualification and Forms to be Included with Bid Proposal	2000
3		NAPP (National Aerial Photography Program)	Specifications and General Contract Requirements	1998
4		Texas DOT (Texas Department Of Transportation)	Aerial Photography and Related Services	2000
5		USGS (U.S. Geology Survey)	USGS Aerial Camera Specification	1998
6			Aerial Cameras	1988
7			Quality Control and Quality Assurance Standards	1991
8			Photogrammetric Mapping	1993
9		U.S. ARMY	Specifications and General Requirements	1995
10		캐나다	ICAS (Interdepartmental Committee on Air Surveys)	Manual of Procedures
11	Specification for Aerial Survey Photography			1999
12	Province of British Columbia		Specifications for Aerial Photography Products	2000
13			Specifications for Aerial Photography	1999
14			Specifications for Scanning Aerial Photographic Imagery	2003
15			2003	
16	영국	RICS (Royal Institution of Chartered Surveyors)	Specification for Vertical Air Photography	1986
17	독일	BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie)	Technical Specification	1995

년에서 3년 정도로 약간의 차이를 나타내고 있으며, 검정 수행기관은 카메라 제조사나 카메라 제조사가 인증한 기관, 국제적으로 공인된 기관으로 제한하고 있다. FMC의 경우에도 모든 기관에서 반드시 사용할 것을 명시하고 있으며, 그 성능도 축척 1/5,000 이하의 소축척 사진의 경우 30 $\mu$ m, 축척 1/5,000 이상의 대축척 사진의 경우 60 $\mu$ m까지의 전방 상이동(Foward Motion)을 보정할 수 있어야 한다고 규정하고 있다(California DOT, 2000; Texas DOT, 2000; USGS, 1988).

(2) 항공사진 처리

항공사진의 현상처리 및 품질에 대한 검사를 위해 다양한 종류의 정량적 기준을 제시하고 있으며, 이와 같은 기준은 크게 현상처리공정의 정확성에 대한 기준과 필름의 품질에 대한 기준으로 구분할 수 있다(ICAS, 1981).

조사된 외국의 모든 규정에서 공통적으로 항공사진촬영이 완료된 필름의 현상처리는 기본적으로 자동현상기에 의해 이루어지도록 권고하고 있다. 현상처리 전에 정확한 농도를 알고 있는 기준 피사체를 항공사진촬영에 사용된 필름의 미노출 부분에 시험노출시킨 후 현상처리를 수행함으로써 최적의 온도와 속도 등의 작업환경을 결정하도록 명시하고 있다. 이와 같은 최적의 환경을 결정하기 위한 방법으로 시험처리를 통해 얻어진 음화필름에 대해 농도측정을 수행함으로써 특성곡선을 생성하도록 규정하고 있다. 시험노출에 사용되는 기준 피사체로는 21단계의 농도단계를 가지고 있는 표준필름(Step Tablet)이 가장 많이 사용되고 있는 것으로 조사되었다(B.C. Canada, 2000). 필름의 특성곡선이 완전한 형태를 나타내고, 적정노출에 의한 직선부분의 기울기, 즉 영상의 명암대비도(Gamma)가 1.0~1.4 사이의 값을 갖는 경우에만 현상처리공정이 적정한 것으로 규정하고 있다(USGS, 1991; NAPP, 1998).

필름에 대한 품질검사에서는 육안검사와 농도측정, 기하

학적 왜곡측정 등의 방법을 명시하고 있다. 육안검사방법은 자국, 먼지, 긁힘 등 물리적 오류와 구름, 구름의 그림자, 안개 등 화질저하요인의 존재여부를 검사하기 위해 사용되며, 이때 그림자, 물 등 극단적인 반사율 차이에 의한 부분적인 화질저하는 허용하도록 규정하고 있다(US Army, 1993; US Navy, 1995).

필름에 대한 농도측정방법은 필름에 나타나는 기본(Base+Fog)농도와 영상의 최소 및 최대농도 등을 측정함으로써 영상의 객관적인 품질을 검사하는 방법으로, 대부분의 규정에서 공통적으로 제시하고 있는 품질기준은 표 4와 같다. 또한, 농도계의 경우에도 정확한 측정을 위해서는 탐침의 구경이 2mm 이하이고 0.0~3.0 사이의 깊이 측정가능한 마이크로농도계를 사용해야 한다고 명시하고 있다(Texas DOT, 2000).

현상처리가 완료된 필름은 이와 같이 일정한 기준 이상의 영상품질을 유지해야 할 뿐만 아니라 기하학적으로도 안정된 형태를 가져야 하며, 늘어남, 비틀림, 휨 등의 영향에 의한 평면적 오차를 가지지 않아야 한다. 필름에 나타나는 기하학적 왜곡에 대한 측정은 해석도화기나 이에 준하는 성능을 가진 정밀측정장비를 이용하여 수행하여야 하며, 모든 음화필름에서 각 지표 사이의 길이와 폭이 0.02% 이상 변하지 않아야 하고 축척변화는 0.07%를 초과해서는 안 된다고 규정하고 있다(ICAS, 1981).

3.3 국내의 규정의 비교 및 분석

국내의 규정을 비교한 결과 각각의 작업단계별로 상세하고 객관적인 기준을 명시하고 있는 외국의 규정에 비해 국내 규정은 많은 항목들이 상당히 원론적이고 정성적으로 언급되어 있었다. 표 5에 나타난 바와 같이 항공사진촬영을 위한 카메라의 성능과 촬영조건, 항공사진처리 및 품질검사 등에 대한 국내규정이 국외규정에 비해 상당히 미흡한 것으로 평가되어 이에 대한 규정의 보완 및 적용이 시급한 것으로 분석되었다.

표 4. 외국 관련기관들에서 공통적으로 규정하고 있는 농도측정을 통한 영상의 품질검사기준

검사 항목	검사기준 및 내용
기본농도	· 모든 음화필름에 대해 0.20±0.10를 초과할 수 없음 · 완전한 강도의 D-19 현상액을 이용하여 20℃에서 10분 동안 연속적인 교반과정을 통해 현상하는 경우, 0.2를 초과해서는 안 됨.
최소농도	· 모든 음화필름에 대해 0.40±0.10 사이의 값을 유지해야 함
최대농도	· 모든 음화필름에 대해 1.5를 초과할 수 없음 · 부분적으로 높은 반사율을 가진 지역의 경우에는 2.0까지의 최대농도 허용

표 5. 국내의 항공사진 촬영 및 처리 주요규정 비교

항목	국내 작업규정	국의 작업규정
촬영조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시정이 양호하고 구름 및 구름의 그림자가 사진에 나타나지 않도록 맑은 날씨에 수행.</li> <li>· 태양고도는 산지에서 30°, 평지에서 25° 이상이 되어야 함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 특별한 요구가 있는 경우를 제외하고 운량 5% 이하, 시정 16km 이상, 풍속 32km/h 이하인 경우에만 수행되어야 하며, 돌풍은 풍속의 40%를 초과할 수 없음.</li> <li>· 태양고도가 30° 이상이 되어야 함.</li> </ul>
카메라	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 의곡수차가 0.01mm 이내이어야 하며, 검정을 필한 것이어야 함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 의곡수차는 0.01mm 이내이어야 하며, 주점으로부터 100mm 내에서 15<math>\mu</math>m를 초과할 수 없음.</li> <li>· RC-20 이상의 성능을 가진 카메라를 사용해야 함.</li> <li>· 카메라 제조사나 제조사의 인증기관, 국제적으로 공인된 기관에서 최대 3년 마다 검정을 수행해야 함.</li> </ul>
FMC	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해당사항 없음.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 반드시 카메라와 함께 장착하여 사용해야 하며, 1/5,000 보다 소축척의 경우 30<math>\mu</math>m, 대축척의 경우 60<math>\mu</math>m의 보정기능을 가져야 함.</li> </ul>
필름처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 현상 전 시험현상을 수행하여 영상의 품질을 확인해야 함.</li> <li>· 감광은이 남지 않도록 완전정착해야 하고, 정착제가 남지 않도록 수세해야 함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 현상 전 농도가 0.15씩 증가하는 기준 피사체에 대한 시험노출과 시험현상을 통해 최적의 현상조건을 결정해야 함.</li> <li>· 현상 후 티오황산나트륨의 잔여량이 20mg/m<sup>2</sup> 이내이어야 함.</li> <li>· 자동현상장비를 이용한 연속처리를 수행해야 함.</li> </ul>
품질검사	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해상력이 양호해야 하며, 사진보조자료가 명시되어야 함.</li> <li>· 필름의 영상은 피사체의 조건에 따라 농도계조가 선명하게 재현되도록 분포되어야 함.</li> <li>· 필름의 불규칙한 신축 또는 노출불량으로 입체시에 지장을 초래하지 않아야 함.</li> <li>· 도화가 가능하도록 지형지물의 구별이 명확해야 함.</li> <li>· 촬영시 노출의 과소, 연기, 안개, 현상처리의 부적당 등으로 영상이 선명하지 못한 경우 재촬영을 수행해야 함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시험노출 결과필름에 대한 특성곡선을 제도하는 경우 완전한 형태의 곡선을 얻어야 하며, 영상의 명암대비도(Gamma)는 1.0~1.4 사이의 값을 가져야 함.</li> <li>· 필름의 상은 선명하고 뚜렷해야 하며, 구름, 안개, 연기, 눈 등에 의한 영향이 없어야 함.</li> <li>· 영상의 해상도는 이전에 촬영된 고품질 필름과 인공구조물의 가장자리를 비교하여 판단해야 함.</li> <li>· 탐침의 크기가 2mm 이내이고 0.0~3.0 사이의 값을 측정할 수 있는 마이크로농도계를 이용하여 농도를 측정하여야 하며, 이때 필름의 기본농도는 0.20<math>\pm</math>0.10, 최소농도는 0.40<math>\pm</math>0.10, 최대농도는 1.5 이하의 값을 유지해야 함.</li> <li>· 영상의 명암대비는 동일한 필름에서 <math>\pm</math>20% 이내를 유지해야 함.</li> <li>· 필름에 나타나는 기하학적 왜곡은 모든 음화필름에서 각 지표 사이의 길이와 폭이 0.02% 이상 변하지 않아야 하고 축척 변화는 0.07%를 초과하지 않아야 함.</li> </ul>

## 4. 항공사진 품질향상 방안

### 4.1 규정 및 작업방법의 개선 방안

국내의 규정과 작업방법은 선진외국과 비교했을 때 객관적인 정량화가 미흡하여 작업자의 경험과 주관적인 판단에 많은 부분을 의존하고 있는 것으로 나타나고 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 외국의 규정과 작업방법에 대한 분석을 통해 국내 적용가능한 항목을 도출하고, 국내 항공회사의 현실을 감안하여 단계적으로 도입하는 것이 바람직하다고 판단된다.

국내 현실을 감안하여 항공사진 촬영과 처리에 관한 외국의 규정과 작업방법을 약간 수정하면 국내에 곧바로

적용할 수 있을 것으로 분석되었다. 단지 항공사진촬영에 사용되는 장비의 성능에 대한 규정은 현재 외국의 규정을 만족하고 있는 국내 항공회사가 전체의 절반에도 채 미치지 못하는 국내의 현실을 감안했을 때 단계적인 접근을 시도해야 할 것으로 판단된다. 이밖에 외국의 규정에서 공통적으로 규정하고 있지는 않지만 국내에서 문제가 되고 있는 비행경로의 길이 제한이나 음화필름의 주기기입 내용정비, 보안지역 삭제 등의 문제에 대해서도 개선책이 마련되어야 할 것으로 판단된다. 본 연구에서 제안하는 국내 항공사진 촬영 및 처리에 관한 규정 및 작업방법의 개선항목과 단계별 개선방안을 정리하면 표 6과 같다.



표 6. 규정 및 작업방법의 개선항목과 단계별 개선방안

단계	항목	개선 방안
1단계	촬영계획	· 항공사진촬영사업의 발주 시 촬영경로의 수를 늘리더라도 동일경로 내에 발생하는 기상상태의 차이를 최소화하기 위해 동일경로의 길이를 짧게 규정
	FMC	· FMC의 사용을 규정하고 축척에 따른 성능을 명시
	필름처리	· 표준필름의 시험노출과 시험처리를 통한 최적의 현상조건 결정을 규정화함으로써 객관적인 기준의 수립과 일관적인 작업의 수행이 가능하도록 명시
	품질검사	· 표준필름의 시험노출 결과를 이용하여 필름의 특성곡선을 제도하고 이에 대한 분석을 통해 현상처리과정의 적정성을 검사할 수 있도록 객관적 기준 규정 · 처리가 완료된 필름에 대한 품질검사 항목과 방법, 정량적 기준 정립
	보안지역 삭제	· 최근 고해상도 위성영상의 상용화와 더불어 보안지역에 대한 삭제가 사실 큰 효용성을 갖지 못하게 된 것이 사실이므로 이에 대한 보완방안 강구 · 외부에 배포되는 양화필름이나 복제필름, 인화사진 등 후속작업에 의해 얻어지는 부산물에만 국한함으로써 원본필름의 품질을 유지할 수 있도록 규정
2단계	촬영조건	· 산악지역이 전체 국토의 70% 이상을 차지하는 반도국가로서의 불안정한 기상상태와 본단의 특수한 상황으로 인해 국내 전 지역에 비행금지지역이 광범위하게 분포하는 국내의 현실을 고려했을 때 외국의 규정을 그대로 적용하는 것은 부적절하며, 국내의 규정을 적절히 혼합하여 운량 10% 이하, 시정 10km 이상, 풍속 20km/h 이하, 적설량 0 이하인 기상조건 하에서만 촬영을 수행하도록 규정 · 산악지역이 많은 국내 현실을 고려하여 산악에서도 그림자의 영향을 최소화할 수 있도록 30° 이상의 태양고도를 갖는 시간대에 촬영하도록 규정 · 항공사진촬영 당시의 기상상태에 대한 증빙자료를 성과품과 함께 납품하도록 명시
	주기기입 내용정비	· 필름에 입력하는 주기의 항목이나 수량은 외국 관련기관의 경우에도 서로 다른 내용을 규정하고 있으므로 특별한 개선이 필요하지는 않을 것으로 판단되지만, 기입내용에 대한 정비가 필요함 · 주기기입방식에 대해 공통항목에 대한 스트립 필름의 노출이나 기계적인 스템핑 방법의 사용, 원본필름의 주기기입금지 등을 통해 문제를 최소화할 수 있는 방안 규정
3단계	카메라	· 카메라의 성능과 검정주기, 검정수행기관 등에 대한 규정을 명시
	자동항법	· 자동항법장비의 성능 규정 및 장비 사용을 명시
	필름처리	· 항공사진처리의 표준화와 품질의 일관성 유지를 위해 자동현상기의 사용을 명시

#### 4.2 항공사진 품질검사 방안

현재 국내에서 수행되고 있는 항공사진의 품질검사는 모든 항목에 대해 검사자의 육안검사에 의한 주관적인 판단으로 이루어지고 있다(국토지리정보원, 1988). 이로 인하여 국내에서 처리된 항공사진은 외국의 항공사진에 비해 약간 높은 농도를 나타내는 경향을 보인다. 이와 같은 농도의 증가는 사진의 전체적인 색조를 어둡게 함으로써 육안으로 볼 때 보다 선명한 느낌을 갖게 하지만 반사광이 높은 지역의 경우에는 세부적인 형태의 판독이 어렵고 스캐닝 등을 통한 전산화 작업에서 품질저하의 원인을 제공한다. 이를 해결하기 위해서는 외국의 규정과 같이 보다 정량화된 객관적인 기준의 도입이 반드시 필요하다.

항공사진품질에 대한 객관적이고 정량적인 검사를 위해서는 시험노출과 농도측정 등의 정량적인 방법이 반드시 적용되어야 한다(USGS, 1991; NAPP, 1998). 시험노출은 항공사진 촬영이 이루어진 필름의 미노출 부분에 농도가 규정된 21단계의 표준필름을 노출함으로써 수행되어야 하

며, 시험노출 결과를 이용한 특성곡선의 작성과 영상 명암 대비도(Gamma) 등 분석결과물의 제출을 명시하는 것이 필요하다. 또한, 필름에 나타나는 영상에 대한 최소농도와 최대농도, 평균농도, 기본농도 등을 측정하고 기준값과 비교함으로써 필름품질에 대한 객관적 평가를 수행해야 한다(ICAS, 1981).

필름에 대한 농도측정의 경우 사용되는 장비의 성능에 대한 규제가 병행되어야 하며, 농도계의 성능은 외국의 관련기관에서 제시하고 있는 바와 동일한 기준을 명시하는 것이 타당한 것으로 분석되었다. 이 밖에 외국의 관련기관에서 공통적으로 명시하고 있지는 않지만 농도측정 작업의 효율을 극대화하고 작업자의 개인적 오류를 최소화하기 위해 스캐닝 영상을 이용하는 방법도 유용할 것으로 분석되었다. 이 경우에는 시험노출 결과필름을 함께 스캐닝함으로써 화소값과 실제 농도 사이의 상관관계를 도출해야 하며 사용된 스캐너의 성능에 대한 규제가 반드시 필요하다(이현직, 2000; 이성원, 2003; B.C. Canada, 2003b).

표 7. 항공사진의 품질검사기준 및 방법

검사 항목	품질검사기준	검사방법
물리적 품질	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 굽힘, 구겨짐, 얼룩 등의 존재 여부</li> <li>· 구름, 구름 그림자, 스모그, 안개 등의 존재 여부</li> <li>· 필름 현상방향으로 나타나는 줄무늬의 발생빈도(대,중,소)</li> </ul>	· 육안검사
영상의 선명도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 인접가옥을 확대정을 관측하는 경우 구분정도</li> <li>· 음영지역 내에 존재하는 사물의 구분 및 선명도</li> </ul>	· 육안검사
최소농도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <math>0.4 \pm 0.1</math> (기본농도보다 0.3 이상 높아야 함)</li> <li>· 그림자 지역의 경우 0.2까지 허용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 농도측정</li> <li>· 스캐닝 영상의 화소값 측정</li> </ul>
최대농도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (기본농도)+1.5 이하</li> <li>· 극단적으로 밝은 지역의 경우 부분적으로 2.0까지 허용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 농도측정</li> <li>· 스캐닝 영상의 화소값 측정</li> </ul>
기본농도	· $0.20 \pm 0.10$	· 농도측정
평균농도	· 농도의 평균값은 0.55 이상이어야 함	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 농도측정</li> <li>· 스캐닝 영상의 화소값 측정</li> </ul>
명암대비도 (Gamma)	· 1.0~1.4 사이의 값 유지 (목표 : 1.25)	· 시험노출을 통한 특성곡선 작성

본 연구에서는 외국 관련규정과 국내 현황에 대한 분석을 통해 표 7과 같은 객관적인 품질검사 항목과 기준을 제시하였다. 품질검사 방법으로는 크게 검사자의 육안검사와 농도계 또는 스캐너를 이용한 정량적인 농도측정의 두 가지 방법을 제시하였다. 육안검사의 경우에는 검사자의 주관에 의해 나타나는 차이를 최소화하기 위하여 검사 항목과 기준을 제시하였다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 항공사진 촬영 및 처리에 대한 국내 현황과 국내외 작업방법 및 작업규정을 분석하여 관련 문제점을 도출하였으며, 이를 바탕으로 단계적인 항공사진의 품질향상 방안을 제시하였다. 현재 국내의 작업방법과 품질검사방법에서 시급히 개선되어야 하는 문제점은 크게 객관적이고 정량적인 기준의 미비와 사용 장비의 노후화 및 성능저하로 구분할 수 있다.

먼저 국내에 적용가능한 객관적이고 정량적인 기준을 도입하기 위하여 국내외 규정과 작업방법을 비교분석하여 촬영계획, 촬영조건, 필름처리 등에 대한 적합한 기준 및 방법을 단계별로 제시하였다. 또한, 객관적이며 정량적인 품질검사방법으로 기준 피사체에 대한 시험노출과 필름의 농도측정을 제안하였으며 이를 통해 항공사진 현상처리 과정의 적정성을 판단할 수 있는 정량적인 기준을 제공하였다. 특히, 농도측정을 통한 품질검사의 경우에는 작업의 효율성을 극대화하고 작업자에 의한 오류를 최소화하기

위해 스캐닝 영상을 이용하는 방법도 제시하였다. 국내 항공사진 촬영장비의 경우 외국의 기준을 만족하는 장비가 국내에서 사용되는 전체 장비의 절반이하인 현실을 고려하여 점진적인 개선방안이 요구된다. 그러나 최종적으로는 외국의 기준과 동일한 성능의 장비를 이용하여 항공사진 촬영 및 처리작업을 수행하도록 규정할 필요가 있다.

본 연구에서 제안한 항공사진 촬영 및 처리에 관한 규정 및 작업방법 개선안과 품질검사 개선안은 국내 현실을 감안하여 단계별로 적용가능하며, 표준화된 작업규정의 제정 및 체계화된 교육훈련과 연계할 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 연구는 2002년도 건설교통부 국토지리정보원 연구용역의 일부로서 연구비 지원을 감사드리며, 논문의 내용은 국토지리정보원의 정책이나 견해와는 상관없음을 밝혀두는 바입니다.

## 참고문헌

- 국토지리정보원 (1988), 항공사진측량작업내규, 국토지리정보원 내규 제51호, 국토지리정보원, pp. 495-499.
- 이성원 (2003), 유리건판사진의 디지털화 연구, 석사학위논문, 중앙대학교, pp. 12-34.
- 이현직 (2000), 항공사진의 자동독취에 관한 최적화 방안에 대한 연구, 연구보고서, 국토지리정보원, pp. 85-118.
- 조우석 (2002), 항공사진품질향상방안에 관한 연구(I), 연구보고

- 서, 국토지리정보원, pp. 55-192.
- ASPRS (1995), *Draft standard for aerial photography*, ASPRS Professional Practice Division, USA, pp. 5-9.
- BKG (1995), *Technical specification*, BKG, Germany, pp. 3-6.
- B.C. Canada (1999), *Specifications for aerial photography*, British Columbia, Canada, pp. 8-13.
- B.C. Canada (2003a), *Specifications for aerial photography*, British Columbia, Canada, pp. 10-14.
- B.C. Canada (2000), *Specifications for aerial photography products*, British Columbia, Canada, pp. 8-14.
- B.C. Canada (2003b), *Specifications for scanning aerial photographic imagery*, British Columbia, Canada, pp. 5-13.
- California DOT (2000), *Qualification and forms to be included with bid proposal*, California DOT Contract 59A0207, California, USA, pp. 1-4.
- ICAS (1981), *Manual of procedures*, ICAS, Canada, pp. 37-66.
- ICAS (1999), *Specification for aerial survey photography*, ICAS, Canada, pp. 4-10.
- NAPP (1998), *Specifications and general contract requirements*, NAPP, USA, pp. 35-53.
- RICS (1986), *Specification for vertical air photography*, Surveyors Publications, London, England, pp. 4-9.
- Texas DOT (2000), *Aerial photography and related services*, Texas DOT General Services Division, Texas, USA, pp. 1-6.
- USGS (1988), *Aerial cameras*, USGS, USA, pp. 1-24.
- USGS (1991), *Quality control and quality assurance standards*, USGS, USA, pp. 10-17.
- USGS (1998), *USGS aerial camera specification*, USGS, USA, pp. 1-8.
- U.S. Army (1993), *Photogrammetric mapping*, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, USA, pp. 3-5.
- U.S. Navy (1995), *Specifications and general requirements*, U.S. Navy, USA, pp. 1-18.

---

(접수일 2003. 8. 18, 심사일 2003. 9. 5, 심사완료일 2003. 9. 27)