

# 항공사진측량에 의한 산사태의 분석에 관한 연구

## A study on the Analysis of Land Slide Using Aerial Photogrammetry

강 인 준  
Kang, In-Joon

### 요 旨

경사지에서 아파트, 주택, 학교의 건설은 많은 문제를 가지고 있으며, 시공중에도 피해가 있게 된다. 산사태의 모델 현장은 1991년 부산지방에서 발생한 것으로서 두 곳의 아파트와 학교가 있는 곳이다. 본 논문에서는 항공사진의 사진판독으로 산사태의 예측에 대하여 기술하였다.

### ABSTRACT

On hill slope, apartment, housing, and school construction may be many potential problems and damagemay be involved in construction. Model sites for landslides are two apartment and high school areas in Pusan, 1991. This paper is described the landslides forecasting in photointerpretation of aerial photographs.

## 1. 서 론

일반적으로 자연재해의 분석에는 토질조사에 의한 자료를 가지고 사면안정을 검토하여 불안정한 경우는 보강 대책을 세우게 된다. 토질조사의 보링(boring)은 확실하게 지반상태를 파악할수 있는 방법이지만 무거운 장비를 경사지에 운반해야 하며, 한 단면을 해석하려면 3개지점을 시추하므로써 많은 비용이 따르게 된다. 사진측량에는 사진영상을 이용하여 사진상의 기하학적인 위치결정을 연구하거나 판독을하여 대상물의 특성을 연구하는 분야로 나누고 있다.<sup>1,2,3,4)</sup> 최근에는 항공사진을 이용한 행정의 효율성과 저고도에 의한 대축척 항공사진측량이 소개되고 있다.<sup>5,6)</sup> 또한 항공사진에는 지형의 각종 정보가 있으므로 이를 정밀 판독하여 지형을 분석하면 산사태를 예방할 수 있으며 안정해석에 중요한 기초자료로서 재해 예방이 가능함을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 사진측량을 이용하여 사면안정 해석을 위한 여러 자료를 분석하고자 한다.

## 2. 사진판독의 요소

사진판독은 사진영상에 있는 도로, 철도, 하천, 가옥, 지질, 삼림등의 대상물에 대한 특성을 판별하기 위한 수단으로서 위치, 크기, 형상등을 결정하는 정량적 사진판독(quantitative photo interpretation)과 자원 및 환경 등의 정보조사에 이용되는 정성적 사진판독(qualitative photo interpretation)으로 구분 된다.<sup>7)</sup> 사진판독에는 기본적 요소로서 사진영상의 크기 및 형상, 음영, 색조및 색채, 질감, 모양이 있으며 사진상 호간의 관계와 상호위치관계, 과감등의 요소를 조합하여 판독하고, 이 요소중 형상, 색조, 음영을 판독의 3요소라 한다.<sup>8)</sup>

사진상의 크기와 형상(size and shape)은 판독에서 중요한 요소로서 크기는 어느 단일 형태 또는 단일 색조가 갖는 입체적, 평면적인 넓이나 길이를 말하며 형상은 개체나 목표물의 윤

\* 부산대학교 토목공학과 부교수

파, 구성, 배치 및 일반적인 형태 등을 뜻한다. 사진판독에서 음영(shadow)은 높은 탑과 같은 지물의 판독, 주위 색조와의 대조가 어려운 지형의 판독에는 음영이 중요한 요소가 된다. 사진을 판독할 때 광선의 방향과 촬영시의 태양광선의 방향을 일치 시키면 음영의 관계로부터 입체감이 얻어지고 반대로 하면 반대의 느낌이 얻어지므로 우리나라의 경우는 남쪽을 위로 보는 편이 좋다. 사진의 색조는 주로 태양광선의 반사율에 의한 것으로 식생의 밀집도의 대상물 판별에 이용된다. 색조 및 색채(tone, color)는 명도, 색상, 채도의 3가지 성질로 나타낼 수 있으며, 사진농도 관측기(photo densitometer)를 이용하면 색조를 정량적으로 나타낼 수 있어 판독이 가능하다. 사진의 질감(texture)은 크기, 음영, 형상, 색조 등의 여러요소가 모여 표현되는 영상면의 세밀하고 거친 정도를 나타내는 것으로 개개의 상태로는 식별하기가 어려운 작은 대상물의 집합이 사진상에 나타나는 미세한 색조 변화이다. 그리고 항공사진에 나타난 식생, 지형, 또는 지표면 색조의 공간적인 배열 형태를 모양(pattern)이라 한다. 인공 또는 자연적인 여러 물체는 기본적인 형상의 반복 또는 관련성을 갖고 있어 판독에 도움이 된다. 콘크리트 도로와 일반 비포장 도로는 밝은 흰색으로 되어 있으나 전자는 뚜렷하지만 후자는 그렇지 않게 나타난다. 그리고 항공사진의 상호위치관계(location, situation)는 사진의 축척이 작을수록 판독에 중요하며, 종합적인 판독의 확인에 필요한 판독의 요소이다.

### 3. 분석예

본 연구에 적용한 산사태 분석 모델 지역은 부산시 소재한 지역으로서 1991년에 발생한 것이며, “가” 지역은 아파트 뒤의 옹벽이 붕괴된 곳이고, “나” 지역은 아파트뒤의 사면에 슛크리트 시공하였으나 붕괴되었다. 그리고 “다” 지역은 학교건물로서 자연 사면을 절토하여 옹벽을 시공한 지역으로 사면이 파괴되었다.

항공사진 판독에 의한 산사태의 예측에는 다

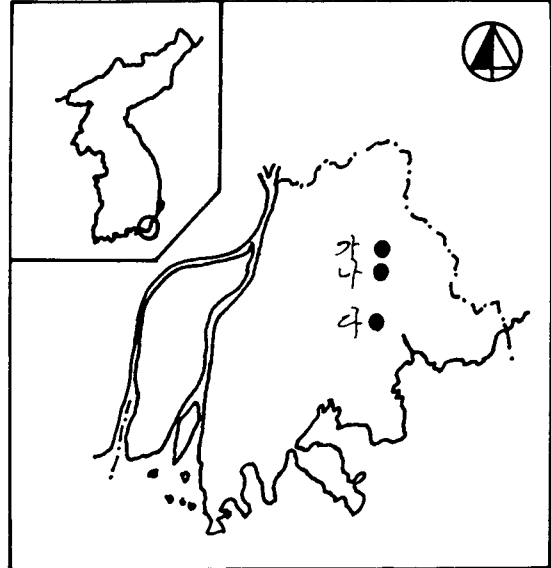
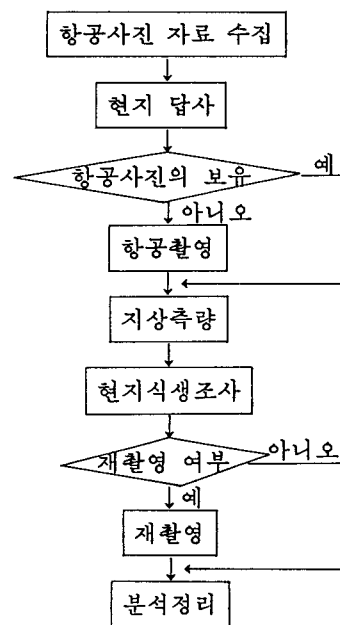


그림 1 모델 지역의 위치도

음과 같은 흐름도로 진행이 된다.



#### 3.1 “가” 지역

1991년 7월 14일 아파트의 옹벽 붕괴 사고가 일어나 8.7미터의 역 L형 옹벽이 60미터 가량 붕괴되어 옹벽 상단이 3층 베란다에 걸친 사고로 인명 피해는 없었다.<sup>9)</sup> 1975년과 1989

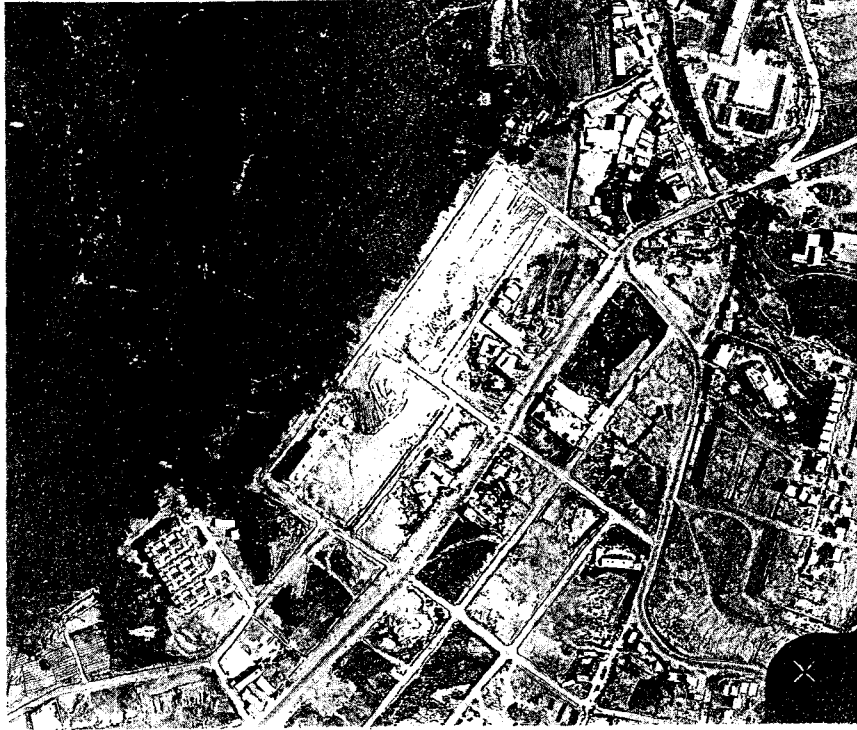


사진 1 1975 년의 항공사진(1/6000)



사진 2 산사태에 의한 나무의 성장 모습

년의 항공사진을 판독한 결과 다음과 같다.

1975년에는 아파트의 앞쪽으로 토지구획정리가 되어 있었으며 왼쪽으로 5층의 아파트가 5동 건설되어 있었다. 뒷쪽으로는 산의 정상까지 조림이 되어 있으며 현재의 아파트 위치를 향하여 능선이 발달한 상황이었다. 1989년의 항공사진에는 사고난 아파트가 완공되어 있으며, 전면에는 국민학교와 단독주택으로 변화되었다. 뒤쪽으로는 산의 정상까지 나무가 많이 자란 상태를 나타내고 있으나 1975년과 비교하여 계곡을 성토한후 단지를 조성하여 건설하였음을 알 수 있었다.

지상의 현지 조사에는 항공 사진에서 보는 것과 같이 나무가 자라는 성장 각도가 수직형이 아니고 경사형으로서 과거에 산사태가 진행되었던 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 지형에 설계를 할 때는 단지 내의 몇개의 토질 조사만으로

로 그치지 말고 절개지에도 보링조사를 하여 충분한 사면 안정 검토가 필요함을 알 수 있었다.

### 3.2 “나” 지역

1991년 8월 23일 태풍 글래디스호와 함께 많은 비 때문에 아파트의 사면이 붕괴되어 1명의 사상자가 난 지역이다.<sup>10)</sup> 항공사진은 1981년과 1991년의 항공사진을 판독하였다. 1981년에는 현재의 아파트 지역이 밭으로 되어 있었으며, 폭 50미터, 길이 130미터의 남동 방향의 완만한 경사지를 이루고 있었다. 현재 아파트의 위치에서 남서 방향은 문화재 지구이며, 경사면에 균일하게 식목을 하였다. 서쪽에는 동태 읍성이 있으며, 정상에는 전망대인 동장대가 있다. 북서쪽에는 토지 구획 정리되어 한 채의 기와집과 정원수 등으로 되어 있다. 1991년의 항공사진에는 6개동의 아파트와 1개동의 상가

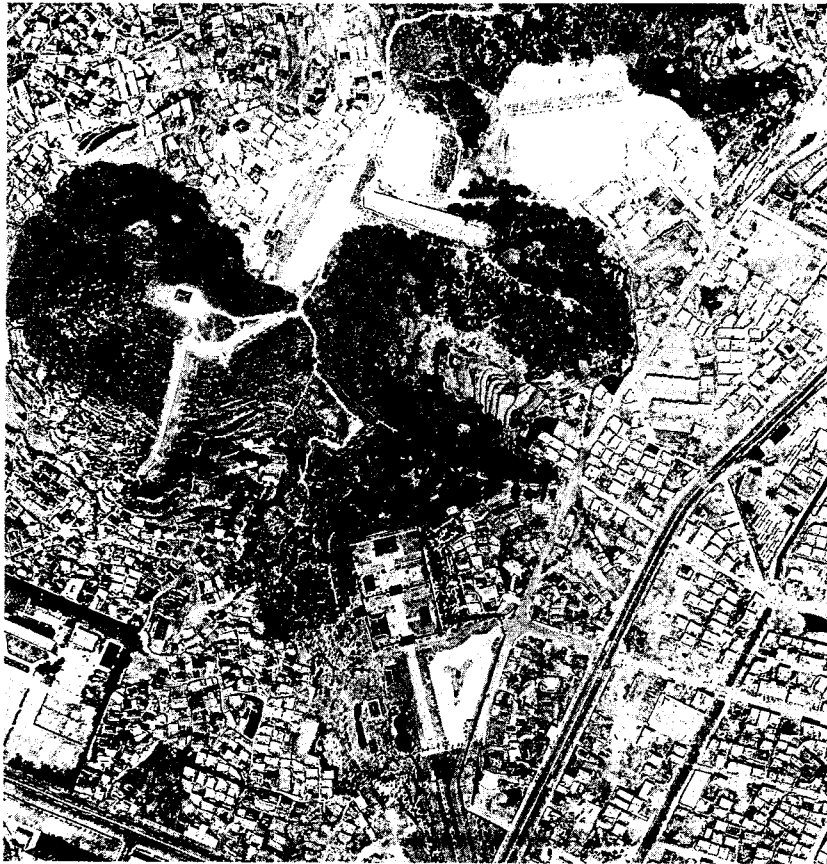


사진 3 1981년의 항공사진(1/6000)

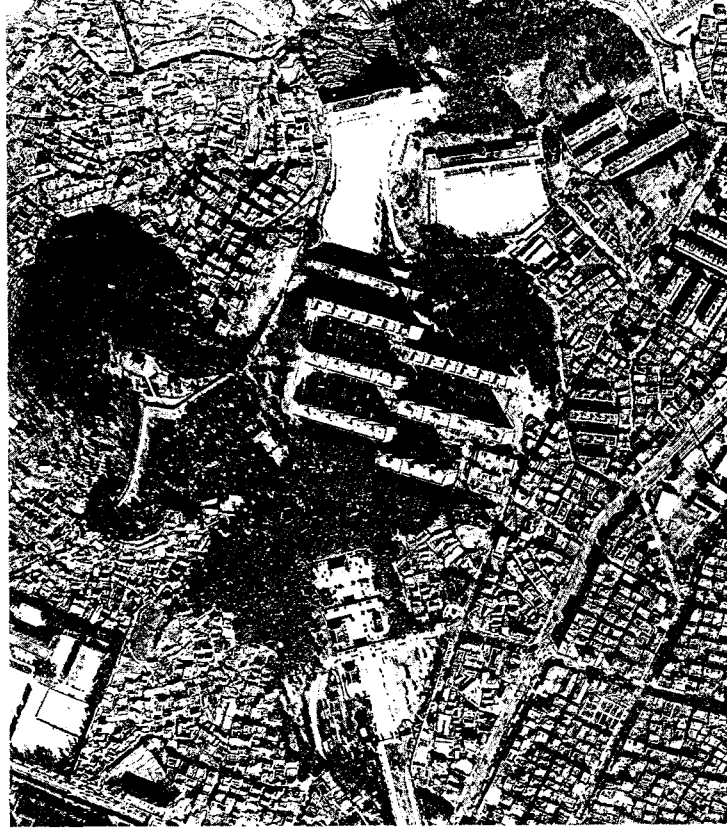


사진 5 1991년의 항공사진(1/6000)

건물이 시공되어 있으며 경내의 나무가 10년이 지난뒤 울창한 모습을 보여 주고 있다. 동래 읍성과 충렬사 사이에는 전동사라는 사찰이 폭 20미터, 길이 30미터로 신축되었으며, 서쪽에는 단독주택으로 변화되었다.

붕괴된 사면은 소나무 밀집 지역으로서 뿌리의 깊이가 짧은 나무의 식목은 배풍과 호우가 동반하는 경우 뿌리를 타고 내려간 빗물이 뿌리의 저층을 액상화시키면서 사면 전체가 활동을 일으키는 현상도 가능하다고 사료된다. 아파트의 단지 조성 과정에서 자연지형의 약 2배에 달하는 면적을 조성하기 위해 삼면을 절토하여 시공함으로써 절토사면의 안정해석을 위해 충분한 검토가 필요한 지역임을 알 수 있었다.

### 3.3 “다” 지역

1991년 8월 23일 태풍 글래디스호의 집중폭

우로 건물뒤 사면이 붕괴되면서 토석류가 건물을 덮쳐 블록 벽체가 파괴된 지역이다.<sup>11)</sup>

1991년의 항공사진을 보면 학교를 중심으로 뒤쪽인 북서쪽은 250미터의 배산이 있고 응벽



사진 5 1991년의 항공사진



사진 6 소나무의 인공조림 모습

의 인접지역은 소나무, 잡목, 그리고 소나무 지역이다. 북동쪽으로는 가로 80미터 세로 120미터의 공터가 있으며 남동쪽에는 배산국민학교, 그리고 남서쪽에는 아파트와 단독주택으로 형성되어 있다. 지상사진에서도 알 수 있는 바와 같이 밀집된 소나무의 지형으로서 사면의 파괴는 소나무 뿌리를 타고 내린 빗물이 뿌리부분을 액상화가 시킨 것도 원인의 하나라고 볼 수도 있다.

### 3.4 비교 고찰

사진축척 1/6000에서 소나무가 밀집된 지역은 검은색으로 나타났으며, 소나무와 잡목이 함께 있는 인위적으로 식목하지 않은 지역은 검은색이 작은 돌기를 이루며 구성되어 있었다. 잡목지역은 소나무가 밀집된 지역보다 약간 밝은 검은색이었다. 또한 나대지는 밝은 흰색이었으며, 콘크리트 도로는 흰색의 직선이 뚜렷한 모습이었다. 개인묘지는 둥근작은 점으로 산재하여 있었으며, 효율적인 국토관리를 위하여 묘지제도의 개선이 필요하였다. 단지를 조성한 지역은 표고 65-100미터의 경사지로서 모두 응벽구

조는 역L형이었으며, 배수처리의 중요함을 지상조사에서 알 수 있었다.

## 4. 결 론

항공사진을 이용한 산사태 지역에 대한 사면 안정의 해석을 3군데의 모델 지역에 대하여 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 사면 안정 검토에는 항공사진 판독에 의한 지형분석으로 재해예측에 경제적인 판단이 가능함을 알 수 있었다.
- 2) 임상상태를 비교할때 인위적으로 식목한 소나무가 밀집된 지역의 토질은 점토질 흙이었다.
- 3) 소나무가 식목된 지역에서 자연지형의 경사도는 18도이었으나 이러한 경사지에 절토하여 단지를 조성하는 경우 원호상이 아닌 직사각형으로 표층부와 풍화암층 사이에서 지반 활동이 발생하였다.
- 4) 밀집된 소나무 지역은 태풍을 동반한 집중호우 때는 지반을 액상화 시키기 쉬우리라고 사료되므로 절토지역의 나무종류의 선택

은 앞으로 연구할 과제이다.

#### 감사의 말씀

항공사진을 협조하여준 부산시 항측계에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- 1) 강인준, 유복모, 정창식, 송인성, “사진측정에 의한 백제 석탑의 조형미에 관한 연구”, 토목학회 논문집, 제 5 권, 제 1 호, 1985, pp.141-148.
- 2) 강인준, 유복모, “단위모델을 이용한 항공사진의 3 차원 위치 해석”, 한국측지학회지, 제 4 권, 제 1 호, 1986, pp.49-57
- 3) In-joon Kang, Chul-ho An, and Bock-mo Yeu, “Determination of coastline variations Using Aerial Photos”, ISPRS, 1988, pp.735-741
- 4) 강인준, “항공사진을 이용한 사진과 사후의 환경 영향평가 기법”, 토목학회논문집, 제 9 권, 제 2 호, 1989, pp.99-105
- 5) 강인준, 박용택, “항공사진측량을 이용한 행정의 효율성에 관한 고찰”, 대한토목학회 학술발표개요집, 1991, p.521
- 6) 강인준, 유복모, “저고도 항공사진측량의 촬영기법 개발에 관한 연구”, 대한토목학회 학술발표개요집, 1991, p.429
- 7) 유복모, 사진측정학, 문운당, 1991, pp.101-105
- 8) Paul R, Wolf, Element of photogrammetry, 2nd, MiGH, 1983, pp.514-527
- 9) 서동현대아파트 안전진단 연구 용역 보고서, 부산대학교 생산기술연구소, 1991, pp.5-11.
- 10) 동래화목타운사면붕괴원인 및 안전대책 수립 연구 용역보고서, 부산대학교 생산기술연구소, 1991, pp.6-17.
- 11) 남일고등학교 산사태 복구대책 및 건물 안전도 검토대책수립 연구 용역보고서, 부산대학교 생산기술연구소, 1991, pp.1-9