

航空寫眞의 植生 判讀에 의한 災害 豫測 技法 The Techique of Landslide Hazard Prediction Using Vegetation Interpretation of Aerial Photo

康仁準* · 郭載河** · 鄭載衡***

Kang, In-Joon · Kwak, Jae-Ha · Joung, Jae Hyeung

요 지

잔디, 관목, 나무 등의 植生은 斜面의 寢食量 調節 및 斜面安定을 위해 오래전부터 사용되어 왔으나 전통적인 사면안정해석의 경우 사면에 있는 植生の 影響을 고려하지 않아 상대적으로 얇은 토층에 숲이 형성되어 있을 때 그 해석에 있어 많은 오차가 발생되었다. 따라서 사면안정해석에 植生の 影響은 중요한 요소가 되었다. 그러나, 여러 植生이 사면안정에 미치는 영향은 사면안정의 해석에 있어 중요한 요소이나 그 영향을 안정해석에서 양적으로 나타내기에는 많은 어려움이 있고 복잡하다.

본 연구에서는 釜山直轄市 金井區 金城洞에서 발생된 山沙汰 地域을 모델지역으로 선정하여 航空寫眞 判讀과 地形圖에서 추출한 DTM 데이터를 이용하여 경사도를 분석하고 現場調査를 통하여 植生の 胸高直徑-樹齡, 樹高-樹齡의 관계를 조사비교한 결과 경사도가 약 27°인 지역에서 人爲的 植栽를 하였을 경우 약 20년 후 산사태가 발생함을 알 수 있었으며 植木과 그 관리에 있어 방재효과를 고려하여야 함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

The vegetation such as grass, shrub, tree has been used to control the erosion and stabilize the slope for a long time. But the effects of vegetation on slope area is ususlly neglected in traditional stability analyses. There are many errors in slope analyses in thin soil mantles. Therefore the effects of vegetation is an important factor. But it is difficult and complex to represent the vegetation influence quantitatively in stability analysis.

In this study, authors choose the landslide region at the Kum sung dong Kum-jung ku Pusan as a model area. Authors analyzed the degree of slope with the aerial photo interpretation and DTM data extracted from the topographic map, and the relationship of D.B.H. (diameter of breast height), height, and age of tree in field investigation data. Finally authors know the fact that landslide take place approximately 10 or 20 years later in arbitray afforested area where the degree of slope is 27. The prevention effect must be considered in the control of vegetation.

1. 序 論

잔디, 관목, 나무 등의 植生은 斜面의 寢食量 調節 및 斜面安定을 위해 오래전부터 사용되어 왔으며 사면안정해석에 植物植生の 影響을 고려하게 된 것은 1960년대부터이다.¹⁾ 그러나, 전통적인 사면안정해석의 경우 사면에 있는 植生の 影響을 고려하지 않아 상대적으로 얇은 토층에 숲이 형성되어 있을 때 그 해

석에 있어 많은 오차를 나타내고 있다. 여러 植生이 사면안정에 미치는 영향은 사면안정의 해석에 있어 중요한 요소이나 그 영향을 안정해석에서 양적으로 나타내기에는 많은 어려움이 있고 복잡하다. 미국, 캐나다, 일본, 한국, 뉴질랜드와 같이 산이 많은 나라에서 산사태는 많은 손실을 가져오게 되어 재해관측시 식생에 따른 영향 고려는 중요한 요소가 되었다.

1.1 研究動向

원격탐사 데이터와 항공사진 정보를 이용한 사면안정해석에 관한 연구동향을 보면 외국의 경우 식생과

*釜山大學校 土木工學科 副教授
**釜山大學校 大學院 土木工學科 碩士課程
***釜山大學校 大學院 土木工學科 碩士課程

토양의 깊이에 따른 다중스펙트럴 데이터의 스펙트럴 관측으로 산사태 지역의 발견에 대한 연구²⁾가 있었고, 삼림지역의 사진판독으로 경사도에 따른 수종분류로 그 분포에 관한 연구³⁾와 vector-based GIS에서 slope line의 발견이라는 연구에서 산사태 지역 위치를 발견하기 위해 지형변화를 벡터방법으로 해석하여 slope line의 발견에 대한 연구⁴⁾가 있었다. 그리고, SPOT 영상에 의한 스펙트럴 지도와 토양도 사이의 비교분석에서 토양의 비교⁵⁾가 있었다. 그리고, 국내의 경우 항공사진측량에 의한 산사태의 분석에 관한 연구에서 사진축척 1 : 6000 흑백항공사진을 이용하여 산사태 지역의 소나무, 잡목, 나대지, 그리고 도로의 판독방법이 소개되었으며 항공사진 판독에 의한 자연재해 예측, 항공사진측량을 이용한 지형변화량의 산정에 관한 연구가 있었다.⁶⁻⁸⁾

1.2 研究目的

지금까지의 산사태 예상지역의 위험도 산정에 따른 사면안정 해석은 소규모 지역의 토질역학적 해석을 하고 있으나 광범위한 지역의 경우 부적합하다. 광범위한 지역에 대한 산사태 지역의 예측방법에는 여러가지가 있으나 본 연구에서는 산사태 지역의 항공사진판독을 기본자료로 하여 현장조사에서 植生 影響을 고려하기 위한 植生の 胸高直徑-樹齡 및 樹高-樹齡의 관계를 통한 특성을 발견하기 위한 것이 연구목적이다.

2. 植生 判讀

2.1 航空寫眞 判讀

寫眞判讀은 사진영상에 있는 도로, 철도, 하천, 가옥, 지질, 삼림판독 등의 定量的 判讀이 가능하며, 자원 및 환경 등의 정보조사에 이용되는 사진영상의 크기 및 형상, 음영, 색조 및 색채, 질감, 모양, 그리고 사진상호간의 관계와 상호위치관계, 과고감 등의 定性的 判讀要素의 조합에 의한 판독이 있다. 이 요소중 형상, 색조, 음영을 판독의 3요소라 한다.^{9,10)} 사진상의 크기와 형상은 판독에서 중요한 요소로서 크기는 어느 단일형태 또는 단일색조가 갖는 입체적 평면적인 넓이나 길이를 말하며 형상은 개체나 목표물의 윤곽, 구성, 배치 및 일반적인 형태 등을 뜻한다. 사진판독

에서 음영은 높은 탑과 같은 지물의 판독, 주위 색조와의 대조가 어려운 지형의 판독에는 음영이 중요한 요소가 된다. 사진을 판독할 때 광선의 방향과 촬영시의 태양광선의 방향을 일치시키면 음영의 관계로부터 입체감이 얻어지고 반대로 하면 반대의 느낌이 얻어진다. 사진의 색조는 태양광선의 반사율에 의한 것으로 植生の 밀집 등의 대상물 판별에 이용된다. 색조 및 색채는 명도, 색상, 채도의 3가지 성질로 나타낼 수 있다. 사진의 질감은 크기, 음영, 형상, 색조 등의 여러 요소가 모여 표현되는 영상면의 세밀하고 거친 정도를 나타내는 것으로 대개의 상태로는 식별하기가 어려운 작은 대상물의 집합이 사진상에 나타나 미세한 색조변화이다. 그리고, 항공사진에 나타나 植生, 지형 또는 지표면 색조의 공간적인 배열형태를 모양이라 한다. 인공 도는 자연적인 여러 물체는 기본적인 형상의 반복 혹은 관련성을 갖고 있어 판독이 도움이 된다. 콘크리트 도로와 일반비포장 도로는 밝은 흰색으로 되어 있으나 전자는 뚜렷하지만 후자는 그렇지 않다. 그리고 항공사진의 상호위치관계는 사진의 축척이 작을수록 판독에 중요하며, 종합적인 판독의 확인에 필요한 판독요소이다.

2.2 山林植生 調査

山林植生을 조사하기 위하여 시굴점을 기준으로 대표적인 식생분포를 나타내는 곳에 조사구를 설정하며 상층목인 경우 10 m×10 m, 관목은 4 m×4 m, 초본류는 1 m×1 m인 정사각형 지역으로 분석한다. 식생조사의 인자로는 種名, 優占度, 群도가 있으며 種名調査에서 상층목의 경우 木種, 樹種, 優勢木, 平均樹齡, 木分密度를 조사하며 하층목 및 초본류는 被服度가 큰 것부터 순서대로 조사한다. 優占度는 Braun-Blanquet의 방법으로 조사를 하며 γ , +, 1, 2, 3, 4, 5로 분류하며 5의 경우 표본구 면적의 3/4 이상을 덮고, 개체수는 임의를 뜻한다. 그리고 群도는 어떤 식물의 개체의 집합 또는 산재된 정도를 나타내며 군도 5, 군도 4, 군도 3, 군도 2, 군도 1로 분류하며 군도 5의 경우 同種個體의 枝葉이 상호 접촉하여 전면을 덮은 單純群落의 상태로 카펫형이다. 식생조사시 식생조사야장에 나무 높이(미터), 식피율(%), 우점종, 흉고직경, 중수를 기록하며 흉고직경은

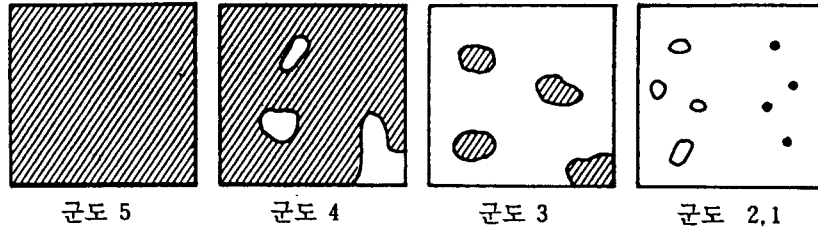


그림 1. 군도의 분류

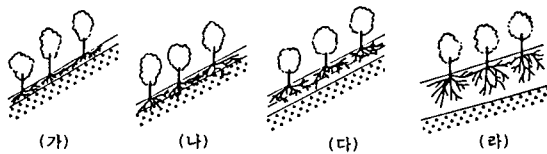


그림 2. 사면에 있는 식생의 뿌리형태와 토층

동양에서는 가슴높이인 1.20미터를 기준으로 하며 윤척이나 줄자를 이용한 직경측을 한다.^{11,12)}

그리고 사면에 서식하는 식생의 뿌리형태는 그림 2와 같이 “가” 형태는 뿌리가 평평하고 상대적으로 얇은 토층에 있는 경우이며 뿌리로 충분히 보강을 할 수 있는 경우이며 “나” 형태는 기반암이 충분히 보강된다. 이 경우 식생은 매우 유용한 효과를 나타낼 수 있다. “다” 형태는 사면을 더욱 안정하게 해주는 투수층을 가지고 있는 상대적으로 두꺼운 토층을 가지고 있는 형태이다. 그리고 “라” 형태는 깊은 토층을 하고 있어 뿌리로 보강을 할 수 없는 상태의 4가지로 분류할 수 있다.¹⁾

3. 모델지역의 適用

3.1 모델지역

모델지역은 釜山直轄市 金井區 金城洞 일원으로 1991년 8월 23일 태풍 글래디스호가 동반한 최대 강우강도 44 mm/hr인 집중호우에 의한 사면의 안정 파괴로 원호활동이 발생한 지역으로서 그 규모는 폭 40미터, 길이 150미터이다. 이 지역의 특성은 폭에 비하여 길이방향으로 산사태가 발생되었으며, DTM 데이터는 축척 1 : 1,200 지형도에서 10미터 격자간격으로 추출하였다. 사진 1은 모델지역의 山沙汰 발생 후의 복구한 전경이다.

3.2 航空寫眞判讀



사진 1. 모델지역의 산사태 발생 후 복구한 전경(1992년)

1981년 4월 21일에 촬영한 항공사진(사진 2)에서 조립상태가 느슨하며 지표에 암석이 비교적 많은 지역임을 알 수 있다. 산사태가 발생한 지역의 동쪽과 동남쪽 방향에 일정한 패턴의 인공 조립 상태를 볼 수 있고 마을(a)과 학교(b)가 있으며 농경지(c)의 비율이 1991년에 비하여 높음을 알 수 있다. 그리고 묘를 중심으로 산림이 발달해 있음을 알 수 있다.

1991년 9월에 촬영한 항공사진(사진 3)에서는 산림이 대단히 성장하였음을 알 수 있고 묘를 중심으로 植栽된 향나무의 성장이 두드러진다. 수종에 따른 성장 및 식재시기의 차이로 산림형태가 나누어짐을 알 수 있으며, 농경지 면적과 마을의 규모가 1981년과 거의 일정한 상태를 유지하고 있었으며 이는 그린벨트 구역이므로 변화가 없었다.

3.3 傾斜度 分析

1991년 8월 태풍 글래디스호가 동반한 집중호우의 영향으로 부산직할시에서 총 40여곳에 산사태가 발생하였으며 그 중 금정구에서는 10곳이 발생되었다. 금정구에서 발생된 10곳의 경사도를 기준으로 경사

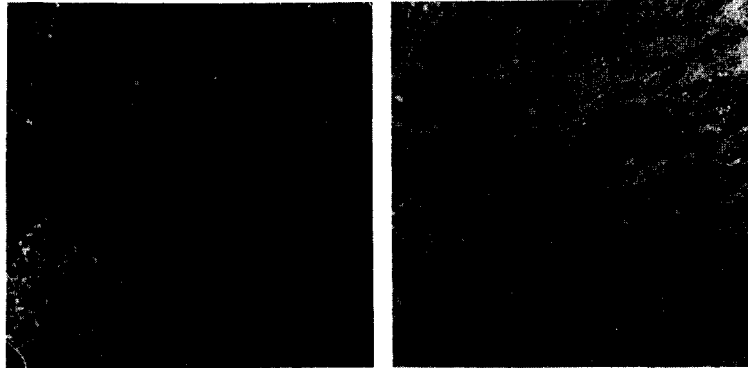


사진 2. 1981년 항공사진

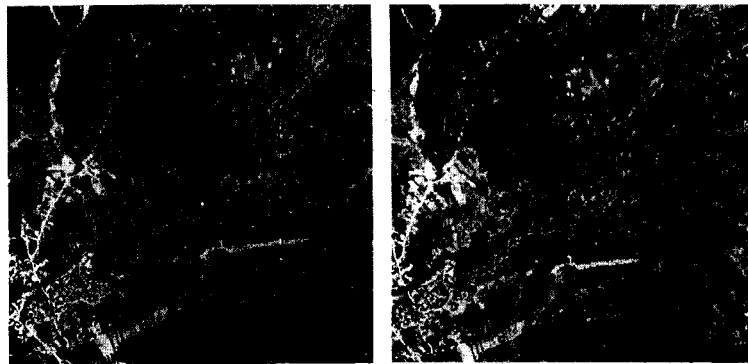
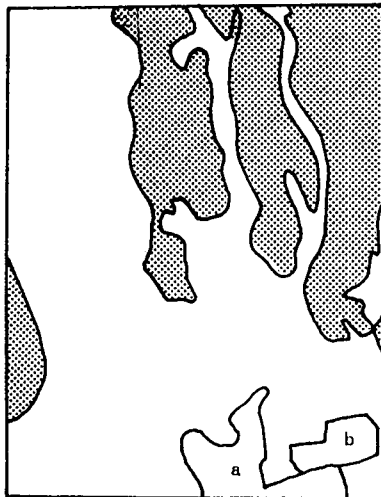


사진 3. 1991년 항공사진



범례	숲남무가	숲남무가	숲남무가	합남무가	기타
	습지	습지	습지	습지	

그림 3. 1981년의 사진판독



그림 4. 1991년의 사진판독

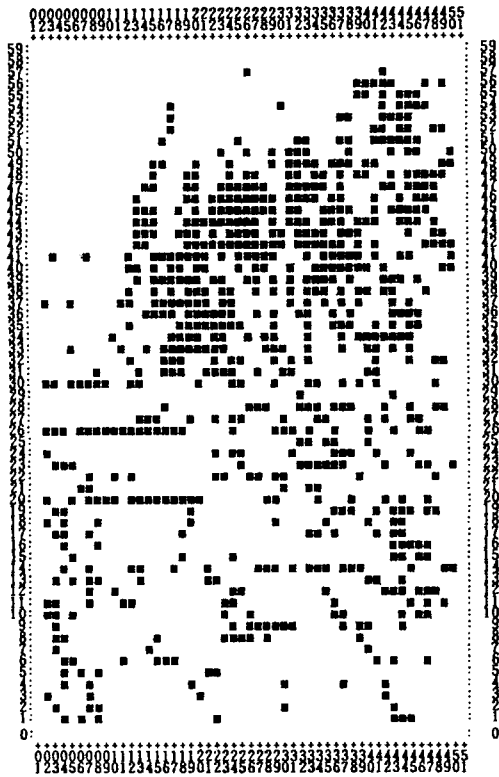


그림 5. 모델지역의 경사도에 따른 위험 분포

도에 따른 危險地圖를 작성하였다.¹³⁾ 그림 5는 모델 지역의 傾斜度에 따른 위험지도를 나타내고 있으며 산사태 지역은 좌표 (15, 48), (20, 50), (25, 20), (30, 32)를 연결한 부분으로 위험지역(m)의 분포가 많음을 알 수 있다. 그리고 모델지역의 재해 발생지점과 발생되지 않은 지역의 경사도를 비교분석한 결과 재해 지역은 약 27°의 일정한 경사도가 길게 유지되는 지역이었으며 재해 미발생지는 약 20°로 경사도가 상대적으로 낮고 기복이 많았다. 사진 4는 단면별 비교를 나타내고 있으며 단면 1은 산사태 지역, 단면 2와 3은 산사태 지역의 좌우측에 위치한 사면이다. 사진 5는 경사도 비교를 나타내고 있으며 산사태 발생지역의 경사도가 상대적으로 높으며 기복이 적음을 알 수 있다.

3.4 現地調査

모델지역의 식생분포를 알기 위하여 10 m×10 m 정사각형 지역으로 설정하여 식생조사를 하였다. 그리고 흉고직경은 줄자를 이용한 직경측을 하였으며

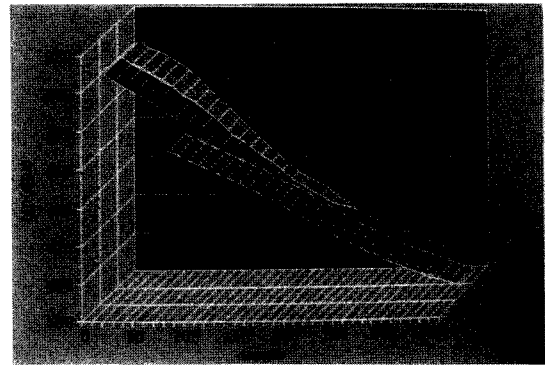


사진 4. 단면분석

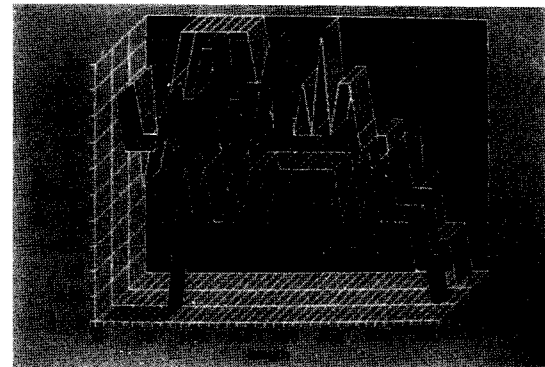


사진 5. 경사도 분석

수령은 나무를 절단 후 나이테를 조사하였다.

3.4.1. 植生分析

최소제공법을 이용하여 임의지역에 대한 표본조사로 얻어진 胸高直徑-樹齡 관계 및 樹高-樹齡 관계를 추정하기 위한 기본식을 유도하였다. 그리고 식재년도를 알기 위하여 이 곡선방정식을 역으로 이용하여 樹齡에 따른 胸高直徑을 구하여 자생목 혹은 인위적 식생인가를 판별하였다. 본 모델지역의 우세목은 소나무(94%)이며 優占度는 5, 群度 5 지역으로 분류된다. 그리고 소수의 향나무(4%)와 잡목(2%)은 자연형성된 것이다. 표 1은 모델지역의 표본조사에 의한 직경과 나무 높이 그리고 수령의 관측값이고, 표 2는 모델지역의 식생조사에 따른 수령의 분포비를 나타내고 있으며 사진 6은 나무의 식재년도 분포비를 원형 그래프로 나타낸 것이다. 분포비에서 수령이 20~24년생이 23.9%, 11~13년생이 39.8%를 차지하고 있는 것으로 볼 때 약 10년 전과 20년 전에 인공 식재한

표 1. 조사지역의 흉고직경, 나무높이, 수령의 관측값

번호	직경(cm)	나무높이(m)	수령(년)
1	3.0	3.0	7
2	6.3	4.5	19
3	7.3	5.0	21
4	8.6	5.0	21
5	9.5	5.2	22
6	9.9	5.5	22
7	10.2	6.0	24

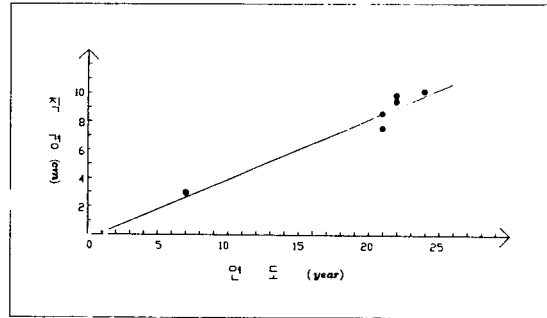


그림 6. 흉고직경-수령 관계

표 2. 식생조사에 따른 수종 분포 (단위: %)

지 역	소 나무	향 나무	아카시아	기타 잡목
절 개 부	94	4	0	2
중앙우안	85	7	4	4
중앙좌안	90	4	3	3

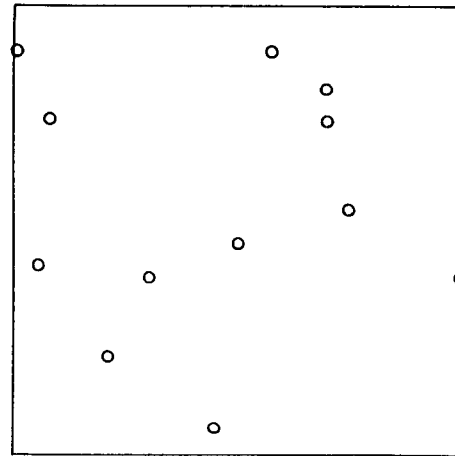


그림 7. 연도추정으로 구해진 식목현황(1981년)

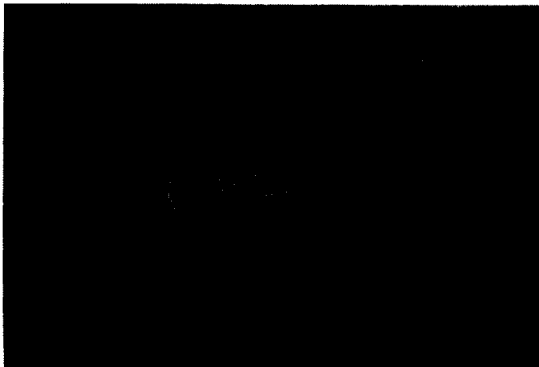


사진 6. 식재년도 분포도

것임을 알 수 있다.

胸高直徑-樹齡 관계(그림 6)를 나타내면 식(1)과 같고 여기에서 X는 수령이며 Y는 흉고직경이다.

$$Y = 0.43X + 0.32 \quad (1)$$

그리고 樹齡-樹高(나무높이: H) 관계를 나타내면 식(2)과 같다.

$$H = 1.98X + 0.37 \quad (2)$$

그림 7은 胸高直徑-樹齡 관계방정식을 이용하여 연도추정하여 만들어진 1981년의 식목현황이다.

3.3 比較考察

모델지역의 1981년, 1991년 항공사진을 판독한 결과 인공적으로 조림하여 형성된 산림임을 알 수 있었으며, 향나무와 같은 소수 수종은 자연 형성된 것임을 알 수 있었고 모델지역은 현장조사 결과 우점도 5, 군도 5인 소나무 밀식지역이었으며, 단면과 경사도에 따른 분석결과 산사태가 발생한 지역은 일정한 경사도 27°를 연속적으로 유지하고 있었으며 경사도가 그 이하이고 불규칙적인 곳의 소나무 밀식지역에서는 산사태가 발생하지 않았다. 그리고 약 10년과 20년 간격으로 인공조림한 것을 알 수 있었으며 인공조림된 산림의 방재를 위해서는 식재시 방재효과가 있는 식목과 관리가 되어야 함을 알 수 있었다.

4. 結 論

航空寫眞의 植生判讀에 의한 災害危險豫測에 관한

연구결과 다음과 같은 결론을 알 수 있었다.

첫째, 소나무 밀식지역에서 경사도 27° 이상이고 그 상태를 연속적으로 유지하는 지역에서는 산사태와 위험이 예상되며,

둘째, 인공조립된 지역은 10년 혹은 20년 경과후 산사태가 발생함을 알 수 있었고,

셋째, 산림 녹화작업은 수종의 특성을 고려하여 식목 및 관리하여야 함을 알 수 있었다.

그리고, 산림녹화를 위해 실시한 지금까지의 결과에서 절대녹화는 어느 정도 충족되고 있으나 그로 인한 관리는 전무한 상태에서 산사태가 발생하므로 산림관리의 필요성을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 1992년도 과학기술처의 과학기술'지방 확산 사업의 일환으로 진행된 것이며 연구비를 지원 해주신 것을 감사드립니다.

参考文献

1. M.G. Anderson, K.S. Richards, Slope Stability, John Wiley & Sons, 1987, pp.187-230.
2. J. Mackean, S. Auechel, L. Gaydos, "Remote Sensing and Landslide Hazard Assessment", PE & RS,

- Vol. 57, No. 9, 1991, pp.1185-1193.
3. William, D. Hudson, "Photo Interpretation of Montane Forests in the Dominican Republic", PE & RS, Vol. 57, No. 1, 1991, pp 79-84.
4. Yue Hong Chou, "Slope-Line Detection in a Vector-Based GIS", PE & RS, Vol. 58, No. 2, 1992, pp.227-233.
5. Patrick A. Agbu, Egide Nizeyimana, "Comparisons between Spectral Mapping Units Derived from SPOT Image Texture and Field Soil Map Units", PE & RS, Vo. 57, No. 4, 1991, pp.397-405.
6. 강인준, "항공사진측량에 의한 산사태 분석에 관한 연구", 한국측지학회지, 제 9권 제 2호, 1991, pp.119-125.
7. 강인준, 박재하, 정재형, "항공사진 판독에 의한 자연재해 예측을 위한 기초적 연구", 한국측지학회지, 제 10권 제 2호, 1992, pp.57-62.
8. 강인준, 신갑철, "항공사진측량을 이용한 지형변화량의 산정에 관한 연구", 대한토목학회 학술발표개요집, 1987, p. 338.
9. 유복모, 사진측정학, 문운당, 1991, pp.101-105.
10. Paul R. Wolf, Element of photogrametry, 2nd, MGH, 1983, pp.514-527.
11. 이천용, 산림환경토양학, 보성문화사, 1992, pp.283-285.
12. 한국조경학회, 조경수목학, 문운당, 1992, p.65-66.
13. 강인준, 박재하, 정재형, "등고선 특성을 고려한 재해위험지 예측", 한국측지학회 발표개요집, 1993, pp. 1-7.