

地形 데이터 解析에 따른 山沙汰 危險地域 選定 技法 Techniques of Selection of Landslide Hazard Area on Analysis of Topographical Data

康仁準* · 崔哲雄** · 張容久***

Kang, In-Joon · Choi, Cheul-Yeung · Jang, Young-Gu

要 旨

주거지와 인접한 사면에서 발생하는 산사태는 많은 인명 및 재산상의 손실을 유발시킨다. 산사태 해석 방법에는 토질역학적인 방법과 지질, 지형, 식생, 그리고 기후 등 여러 요인이 복합적으로 작용하여 발생하기 때문에 다중통계에 의한 해석방법 등 여러가지가 있다. 본 연구에서는 기존의 산사태 발생지역을 모델지역으로 선정하여 다중통계방법을 채택하기 위한 지형 데이터의 특성을 추출하였다. 통계값에 대한 경중률 분석을 하고 이를 GIS의 중첩기법을 이용하여 임의의 지역에 적용시켜 보았다.

ABSTRACT

Landslides in the close residential area occur loss of life and properties. Usually soil mechanical methods and multi-statistical methods used to analysis the landslide. The factors of landslide analysis by multi-statistical methods are composite operators of geology, topography, vegetation, and climate etc. In this study, existing landslide areas are choosed to extract the characteristics of their geographical data for adption of Multi-statistal methods. Authors give a weight to their values and analyze the some area using technique of overlap on GIS.

1. 序 論

산사태의 정의는 일본의 경우 “토지의 일부가 지하수 등에 기인한 활동현상 또는 여기에 따라 이동하는 현상”이라고 규정하고 있어 구별이 명확하게 되어 있지 않다. 토질공학 용어해설집에는 “경사진 토지의 일부가 활동면에 따라 완만하게 활동하는 현상이다”이라 서술하고 있으며, 지학사전에는 “특별한 지질조건의 장소에서 특수한 산사태 접토를 만들어 기반의 암석을 포함하는 지괴가 이동하는 현상”이라고 하고 있다. 지형학사전에는 “매스 무브먼트의 일종으로서 이동형식과 구성물질의 형태에 따라 여러가지로 분류되고 있다. 현상적으로 산의 붕괴와 산사태를 구별할 수 없지만 이동형식에 의하여 후방회전(slump), 평면적 암괴의 흐름(glide)과 활동(slide)으로 하향이동하는 것을 협의의 산사태로 정의한다. 다시

말하면 활동면을 따라 토괴의 이동에 연속성이 있고, 특정한 지질과 지질구조부분에 집중되어 있고, 이동 토괴가 비교적 원형을 이루는 특징이 있다.”라고 정의되어 있다.¹⁾ 그리고 “山地와 丘陵地の 斜面 一部에 地塊의 平行狀態가 破壞되어 아래로 이동하는 현상을 山沙汰라고 하고 태풍이나 호우 또는 집중호우 등에 의한 자연적 요인과 도로, 택지조성, 골프장 등과 같이 사면의 일부에 절·성토를 하였을 경우의 인위적 요인으로 발생된다. 산사태는 활동형태가 서서히 일어나고, 속도가 비교적 완만하며 1회 활동 후 다시 활동이 일어나는 경향이 크다.”라고 정의하고 있다.²⁾

그리고 지형학에서는 매스무브먼트의 분류에서 유동성 운동으로 그 속도가 느릴 경우 토양포행(soil creep), 솔리플렉션(solifluction), 그리고 암석빙하포행(rock-glacier creep) 등으로 분류하고, 그 속도가 빠를 경우 土石流(earth flow), 泥流(mudflow), 그리고 岩石 에버런치(rock avalanche) 등으로 분류하고 있다. 또한 활동성 운동으로는 岩石 슬라이드(rock slide), 슬럼프

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

(slump)로 분류하고 그 이외에 낙하에 따른 崖錐로 분류하고 있다.³⁾

본 연구에서는 자연적 또는 인위적 요인으로 흩덩어리가 장기간 또는 단기간 내에 이동하는 활동현상을 총칭하여 산사태라고 정의하였다. 산사태 해석방법은 토질역학적 방법과 다중통계방법 등이 있으며 토질역학적 방법으로는 일반적으로 Fellenius, Bishop, Janbu, Morgenstern, Spencer 방법 등의 사면안정해석방법을 이용하고 있다.⁴⁾ 최근에는 컴퓨터를 활용하여 특정사면을 해석하고 평가하는 등의 연구에서 실제시 활동과피면 예측에 관한 연구⁵⁾ 및 과거 파괴된 사면을 해석하여 그 원인을 고찰하는 등의 연구⁶⁾가 진행되고 있으며, 산사태 위험도 추정을 위한 간극수압의 예측으로 지하수위의 예측 및 그 영향을 고찰하는 연구,^{7,8)} 그리고 실제 산사태가 발생한 지역을 모형 제작하여 강우강도 변화에 따른 흩의 강도 감소와 사면내 균열의 영향에 관한 연구⁹⁾가 있다. 그리고, 사면안정해석에 있어 식생의 영향을 중요한 요인으로 인식하여 식생이 사면에 미치는 영향에 관한 연구¹⁰⁾가 있었으며, 도시의 삼림에 대한 생물학적 사면안정평가에 관한 연구¹¹⁾가 진행되고 있다. 그러나 실제 적용되고 있는 부분은 방재개념의 위험지 예측이 아닌 피해 후 그 평가 및 복구를 위주로 진행되고 있으며 부분적으로 실제시 활동과피면 예측과 절취사면의 보강공법의 개량으로 연구가 진행되고 있는 실정이다.

그리고 산사태는 지질, 지형, 식생, 그리고 기후 등 여러 요인이 복합적으로 작용하여 발생하고, 위험평가는 한 지역을 대상으로 하지 않고 넓은 지역에 걸쳐 조사해야 하기 때문에 위치, 시간, 그리고 공간적 변화특성을 이용하는 다중통계방법이 있다. 위치특성을 나타내기 위하여 토질특성, 경사도, 기저암의 형태, 그리고 산사태 발생 이전의 식물분포 등을 조사하고 그 상관관계를 이용하여 도식화하고 특성에 따른 지도제작을 하여야 한다. 또한 지형공간정보체계의 중첩기법을 적용시켜 위험지도를 만들 수 있다. 산사태 위험평가를 위한 단순한 조사의 경우 지형조건의 평가에 의존하며, 넓은 지역을 개괄적으로 볼 수 있는 지형조건지도의 제작과 산사태 위험지역 선정에 관한 지반거동을 조사하기 위하여 원격탐사 방법을 채택하여 평가하는 것이 가능하다.¹²⁾ 통계적 방법 및 원격탐사 방법에 의해 해석하는 연구를 살펴 보면 산

사태가 발생한 지역에서 강우-산사태의 관계를 통계적으로 계산하여 산사태 지역의 특성을 해석한 연구¹³⁾가 있었으며, 寫眞測定學的方法을 이용하여 산사태 지역에서 지반의 3차원 변위벡터(Three Dimensional Displacement vector)의 해석으로 산사태에 의한 재해감소방법과 지하 비탈면의 기하학적 형상을 추정하여 지하 비탈면에서의 대규모 슬라이딩의 특성을 나타낸 연구,¹⁴⁾ 산사태 지역의 분포에 관한 정보 구축을 위해 ARC/INFO GIS를 이용한 사면 경사각 데이터, 지형 데이터 및 사면 활동 데이터의 상관관계와 빈도 해석으로 산사태 지도의 제작¹⁵⁾이 있었다. 그리고 식생과 토양의 깊이에 따른 다중스펙트럴 데이터의 스펙트럴 관측으로 산사태 지역의 발견에 대한 연구,¹⁶⁾ 항공사진판독에 의한 자연재해 예측을 위한 기초적 연구에서 항공사진의 스캐닝에 의한 산사태 지역의 이미지 분석과 특징에 관한 연구¹⁷⁾가 있었다. 국내의 연구동향을 보면 산사태 후 복구목적의 연구가 대부분이며 사전예측에 대한 연구는 미흡한 편이다.

산사태 재해는 발생 후 이를 복구하는 것보다 사전에 발견하는 것이 중요하다고 생각된다. 본 연구에서는 산사태 위험지역 선정시 현재 적용되는 단순 보고 및 관찰에 의한 방법이 아닌 발생지역의 지형특성을 발견하여 광범위한 지역에 대하여 사전 예측함으로써 재해에 따른 피해를 최소화 하는데 목적이 있다.

2. 災害地域의 等高線 特性 및 지형공간정보체계

산사태 위험지 예측을 위해서는 먼저 산사태가 발생하는 특성을 파악하여야 한다. 즉, 토질이나 지질의 구성요소에 따라 산사태의 발생경향이 달라지기 때문에 지형도를 이용한 지형특성 파악이 선행되어야 한다. 산사태지역은 航空寫眞判讀 뿐 아니라 地形圖를 이용한 判讀으로 어느 정도 發見할 수 있다. 따라서 지형도의 판독으로 산사태 지역을 선정할 경우 재해 지역 等高線의 特性을 把握하는 것이 重要하다.¹⁸⁾

재해지역의 등고선 특성을 보면 비교적 일정한 주변의 등고선에 비하여 사면이 부분적으로 활동이 진행되어 주위의 지형에 비하여 뚜렷하게 복잡한 경우와 等高線 방향이 사면의 상부와 하부에서 역방향인 경우 즉, 상부에서 토괴가 밀려 내려와 하부에서 쌓인 지

형으로 나타나는 것이 일반적이다. 그리고, 이러한 두 요소를 갖추고 있으며 산사면에서의 활동이 길이방향으로 길게 산사태가 발생한 경우를 나타내며 전체적으로 완만한 계곡지형을 하고 있으며, 급경사와 완경사가 연속된 계단식 地形을 이루고 있는 경우로 크게 분류할 수 있다.¹⁹⁾ 地形空間情報體系(GSIS; Geo-Spatial Information System)에서 地形情報는 분류, 값, 명칭 등과 같은 실제의 현상과 공간위치, 그리고 시간의 특성을 갖고 있다. 그리고 일반적으로 점, 선, 면적, 체적의 4가지를 측정하며 분석하며 격자셀 분석은 격자셀 데이터를 이용하여 최적 노선 선택(Optimum Corridor Selection), 거리계산(Distance Calculation), 집단 반경 검색(Search Radius Aggregations), 범위 계산 중첩(Area Calculations Overlay), 부울지도중첩(Boolean Map Model Overlay)과 같은 5가지의 해석적 방법이 있다. 수치지형 해석은 수치지형모델에서 여러가지의 계산이 가능하며 계산 결과로 격자 보간법 결정, 종단도 작성, 유역면적 산정, 경사도/경사방향 결정, 자동 등고선 제작, 3차원 재현을 할 수 있으며, 지도, 통계표, CRT 디스플레이, 계산된 데이터 화일로 출력할 수 있다.²⁰⁾

3. 지형 데이터 해석

3.1 모델지역

지형 데이터의 특성추출을 위한 모델지역은 1991년 8월 태풍 글래디스호의 영향으로 산사태가 발생된 부산직할시 금정구의 선동, 금성동, 구서2동, 오룡동, 서4동, 그리고 동래구 사직동의 6지역을 중심으로 조사하였다. 모델지역은 축척 1:1,200 지형도에서 도상조사를 하고 현장측량을 실시하여 산사태 지역의 범위를 조사하였다. 그리고, 동래구 거제동 일원을 선정하여 분석결과를 검증해 보았다. 그림 1은 모델 지역의 위치를 나타내고 있으며 1개 지역은 검증에 의해 선정된 지역으로 크기는 500×800 미터이다.

3.2 모델지역의 등고선 및 지형특성

산사태 지역의 지형특성을 알기 위하여 등고선 형태, 표고, 경사도, 산사태 방향, 산사태 길이 그리고 주변 지형을 분석하였다. 그림 2는 각 모델지역별 지형도(100×100미터)이며 점선은 산사태 발생형태를 나타내고 있다. 각 모델의 상단부가 북쪽이다. 경사

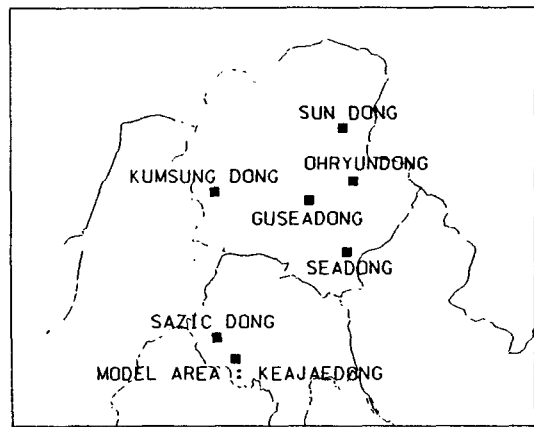


그림 1. 모델지역의 현황

도는 식 (1)과 같이 구할 수 있다.¹⁰⁾

$$\text{경사도}(\text{°}) = \tan^{-1} \left(\frac{\text{표고차}}{\text{수평거리}} \right) \quad (1)$$

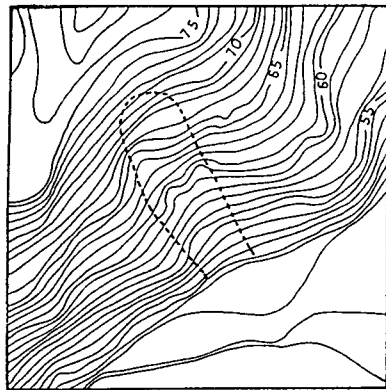
3.2.1 금정구 선동

모델 1 지역인 선동은 산사태 경향을 살펴보면 산사태 발생 표고는 72미터, 발생 길이는 약 54미터, 산사태 지역의 상부 경사도는 약 16.4도, 하부 경사도는 약 23.3도이다. 그리고, 산사태는 남동방향의 사면에서, 능선 사이의 계곡지역에서 발생되었다. 본 지역의 등고선 형태는 주변지형에 비하여 굴곡이 있는 복잡한 지형을 나타내고 있어 과거에 표토가 부분적으로 활동이 있었음을 알 수 있었으며 삼림형태는 소나무 밀식지역이었으며 산사태 지역의 하류에는 농경지(밭)가 형성되어 있고 선단부의 표토는 회색이 나는 사질토로 형성되었다.

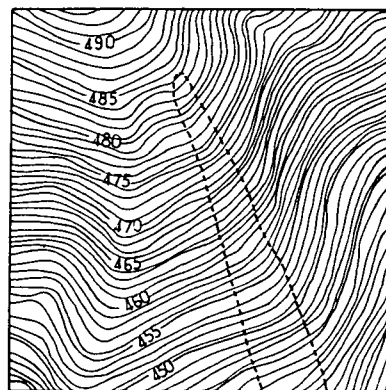
3.2.2 금정구 금성동

모델 2 지역은 금성동으로 산사태 발생 표고는 484미터, 발생길이 150미터, 산사태 지역의 상부 경사도는 약 20.3도, 하부 경사도는 약 24.8도이다. 산사태는 남서방향의 사면에서 발생되었으며 계곡지역에서 산사태가 발생되었다. 등고선 형태는 주변과 비교적 균일한 형태를 하고 있으며 경사도 분석결과 일정한 경사도가 연속적으로 형성된 지역이었으며 산사태 지역의 하류에는 농경지(밭)와 학교가 위치하고 있으며 선단부의 표토는 붉은색이 나는 사질토로 형성되고 소나무 밀식지역이다.

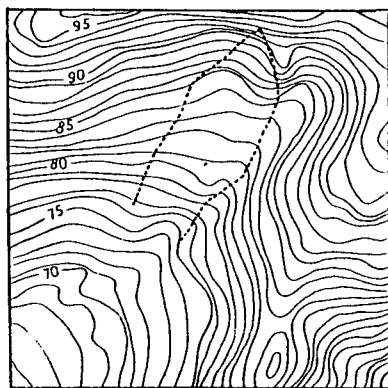
3.2.3 금정구 구서 1동



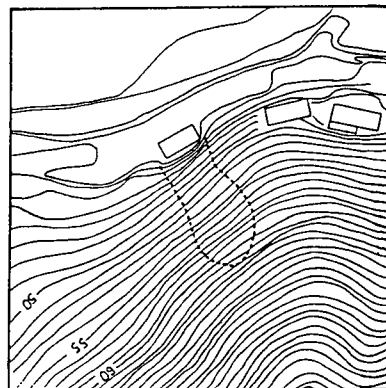
모델 1지역



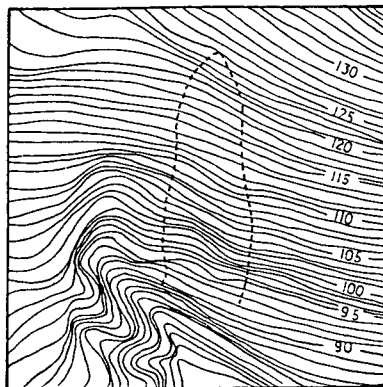
모델 2지역



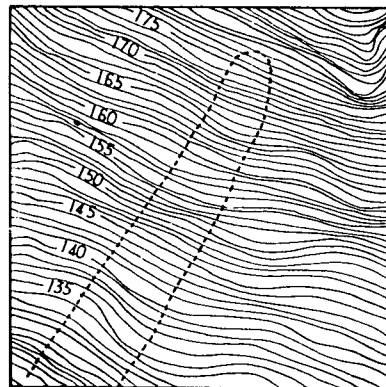
모델 3지역



모델 4지역



모델 5지역



모델 6지역

그림 2. 모델지역의 지형도

모델 3지역은 구서1동으로 산사태 발생 표고 93미터, 발생길이는 약 200미터이나 실제 산사태가 발생한 지역은 신단부 약 20미터 정도이다. 산사태 지역의 상부 경사도는 약 27.7도, 하부 경사도 24.0도이며

산사태 방향은 남동방향으로 발생되었으며 소나무 밀식지역이다. 본 지역의 등고선은 굴곡이 복잡한 형태를 하고 있었으며 표토는 회색이 나는 사질토로 형성되었고, 비록 완경사 지형이라 하더라도 토석류가

계곡을 따라 흘러 내려와 하류지역에 가옥 등을 파괴하여 재산상의 피해를 발생시켰다.

3.2.4 금정구 오륜동

모델 4지역은 오륜동으로 산사태 발생표고는 63미터, 발생 길이는 35미터, 산사태 지역의 상부 경사도는 약 30.3도, 하부 경사도는 약 31.2도이며, 산사태 방향은 남동방향이었으며 능선사이의 계곡지역, 소나무 밀식지역에서 산사태가 발생되었다. 등고선은 비교적 균일한 형태를 하고 있으나 부분적으로 계단식 지형을 형성하고 있다. 산사태 지역의 하류에는 석축, 가옥과 도로가 있으며 표토는 붉은 색이 나는 사질토로 형성되었고 그 표토가 흘러내려와 가옥을 파괴하여 피해가 발생된 지역이다.

3.2.5 금정구 서4동

모델 5지역은 서4동으로 산사태 발생표고 125미터, 발생길이 150미터, 산사태 지역의 상부 경사도는 약 20.0도, 하부 경사도는 약 25.4도였으며 산사태 발생 방향은 남쪽방향이었다. 등고선 특성은 부분적으로 등고선의 상부와 하부가 역방향으로 형성되어 과거에 활동이 있었음을 알 수 있었고 구서 1동과 같이 토석류가 계곡을 따라 하류로 흘러내려와 가옥 등을 파괴하여 많은 피해가 발생된 지역이다.

3.2.6 동래구 사직동

모델 6지역은 사직동으로 산사태는 표고 178미터에서 발생하였으며 산사태 발생 길이는 약 120미터이다. 그리고 산사태 지역의 상부 경사도는 약 30.5도, 하부 경사도는 약 30.7도이며 산사태 방향은 남동방향이었다. 등고선 특성은 급경사와 완경사가 연속적으로 형성된 계단식 지형임을 알 수 있었으며 삼림의 형태는 오리나무와 소나무로 형성되어 있었다. 산사태 지역의 하류에는 가옥이 있으며 토석류가 흘러 내려와 가옥 등을 파괴하였다.

3.3 지형특성의 비교고찰

산사태 발생경향을 살펴보면 산사태 지역의 발생 표고는 주로 50~100미터 사이에서 많이 발생하였고 동래구 사직동(표고 178미터)을 제외한 모든 모델지역은 개발제한구역으로서 그 발생표고가 낮았으며(금정구 금성동 : 표고 484미터) 발생길이는 50~150미터가 가장 많이 분포하고 있었다. 따라서 부산직할시의 개발제한 표고인 100미터를 기준으로 할 때 위험범위가 약 50미터로서 산사태의 발생표고의 경중률

적용을 위해서는 개발구역과 개발제한구역의 분리가 있어야 함을 알 수 있었다. 부산직할시의 경우 개발된 도시화 지역은 일반적으로 표고 75~100미터이며 도시화 되지 않은 개발제한구역에서는 주거지가 밀집해 있는 지점이 기준이 된다. 그림 3은 산사태 지역의 하류를 같은 표고로 가정하였을 경우의 단면도로 산사태 발생 지점을 중심으로 상부 20미터, 하부 30미터를 각각 나타낸 것으로 하부 경사도가 22~27도, 27~32도, 17~22도 순서로 분포하고 있어 일반적으로 산사태 평가를 위해 사용되는 경사도 경중률 문제에 있어 약 22~27도 사이에 가장 많은 경중률을 두어야 함을 알 수 있었다. 사고지역의 상부 경사도로서 약 17~22도, 그리고 약 27~32도의 순서로 분포하고 있어 위험 경사도가 동일한 경사방향으로 50미터 이상 유지할 경우에 산사태 위험이 많음을 알 수 있었다. 그리고 산사태 발생방향을 분석한 결과 남동방향이 4지역으로 가장 많았으며 남향과 남서방향으로 각각 1지역씩 발생되었다. 표토는 회색사질토인 곳이 4곳이 있고 붉은색 사질토 1지역이었다. 따라서, 경중률 적용에 경사방향의 필요성을 알 수 있었다. 등고선 특성을 분석한 결과 능선 사이의 계곡 지역에서 산사태가 가장 많이 발생되었으며 일반적으로 주변지형이 과거에 부분적으로 활동이 진행된 지역임을 알 수 있었다. 표 1은 모델지역별 산사태 발생경향이며, 표 2는 경중률 적용예를 나타낸 것이다. 그림 3은 산사태지역의 단면도로서 일정한 경사도를 갖고 있는 것을 알 수 있었고 그단면의 형상이 서로 유사함을 알 수 있었다. 표토에 대한 고려는 일반적으로 채분석이나 그외 기타방법으로 분류하여 보아야 하나 본 논문에서는 지형데이터 분석을 주로 하는 분석이므로 경중률에서는 적용하지 않았다.

3.4 適用例

지형데이터 해석자료를 이용하여 산사태 위험지역 선정 가능성을 입증하기 위하여 임의의 모델지역을 선정하였다. 선정된 지역은 부산직할시 동래구 거제동 일원으로 지형데이터를 해석하고 현장 답사하였다. 적용지역의 DTM 데이터는 부산직할시 1 : 1,200 지형도(부산시 항측도 도엽번호 8178, 국가표준 코드 359-01-07-B4)를 이용하여 격자 간격 10미터로 데이터를 추출하였다. 그림 4는 적용지역의 등고선에 따라 구분된 지도이다. 지형데이터의 분석결과 경사방향의

표 1. 모델지역의 지형특성 분석

| 모델 지역 | 발생표고 (미터) | 산사태 길이 (미터) | 상부 경사도 (도) | 하부 경사도 (도) | 산사태 방향 | 지형 특성 |
|-------|-----------|-------------|------------|------------|--------|---------------|
| 1 | 72 | 54 | 16.4 | 23.3 | 남동 | 굴곡이 있는 복잡한 지형 |
| 2 | 484 | 150 | 20.3 | 24.8 | 남서 | 일정 경사도가 연속 유지 |
| 3 | 93 | 20 | 27.7 | 24.0 | 남동 | 비교적 복잡한 지형 |
| 4 | 63 | 35 | 30.3 | 31.2 | 남동 | 부분적 계단식 지형 |
| 5 | 125 | 150 | 20.0 | 25.4 | 남 | 상부 하부가 역방향 지역 |
| 6 | 178 | 120 | 30.5 | 30.7 | 남동 | 계단식 지형 |

표 2. 모델지역의 경중률

| 경중률 | 구분 | 표고 (m) | 경사도 (도) | 경사방향 | 비고 |
|-----|----|---------|--------------|-----------------|----|
| 1 | | 235 이상 | 32 이상, 17 이하 | 서, 북서, 북, 북동, 동 | |
| 2 | | 185~235 | 17~22 | 남서 | |
| 3 | | 135~185 | 27~32 | 남 | |
| 4 | | 85~135 | 22~27 | 남동 | |

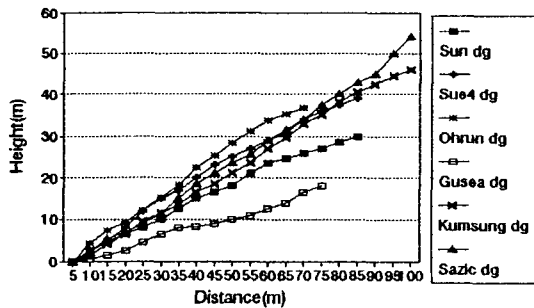


그림 3. 산사태 지역의 단면도

고려가 중시됨에 따라 남동방향의 경중률을 적용시키기 위한 기초데이터 분석이다. 그림 5는 경사도와 산사태 길이 그리고 경사방향을 각각 4등급으로 분류하여 위험등급 10 이상인 지역을 추출한 모델지역 경사방향도이다. 그림 6은 그림 4, 5에서 분석된 자료를 전산처리하여 위험지역을 나타낸 위험지역 표시도로 동그라미 표시지역은 실제로 산사태가 발생한 지역이다. 그림 4, 5, 6에서 기호 “+”는 주거지역을 나타내고 있다.

사진 1은 그림 6에서 “A” 지역으로 사진상에서

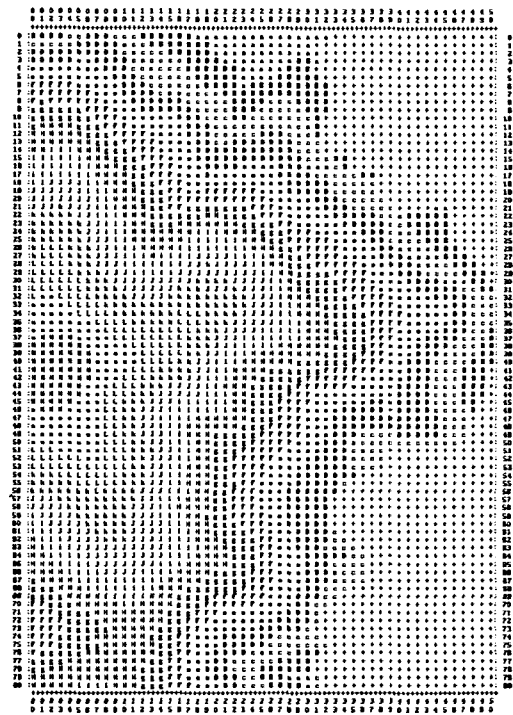


그림 4. 적용지역의 등고선도

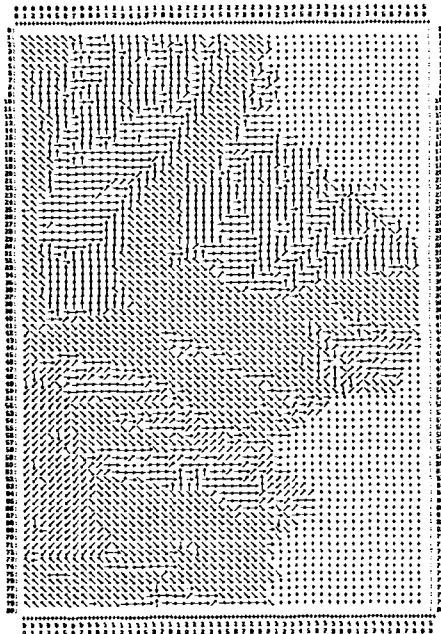


그림 5. 적용지역의 경사방향 지도



그림 6. 적용지역의 산사태 위험지 해석

스레이드 지붕이 다른 것은 산사태가 약 50*25 M 크기로 발생하여 가옥의 지붕이 파괴되어 91년에 지붕을 개량한 것이다.

본 연구에 신뢰성에 대한 검증은 현장답사 결과



사진 1. 산사태 현장 (A지역)

산사태 예상지역은 상당한 부분이 일치하고 있었다.

부산직할시는 매년 해빙기에 안전진단반을 편성하여 민원에 따른 현장방문을 하여 단순한 관찰에 의해 위험도를 A, B, C, D단계로 분류하고 산사태 위험 예상 지역을 관리하고 있다. 그러나, 기존의 지형 데이터의 통계값을 이용하여 위험 예상 지역을 선정할 경우 보다 합리적이고 과학적인 선정을 할 수 있으며, 또한 조사 비용을 절감할 수 있으리라 판단된다. 부산직할시를 1:10,000 도엽으로 분리할 경우 38개 도엽이며 1:10,000 한 도엽은 64개의 1:1,200 도엽으로 구성되어 있다. 따라서 부산직할시 전 지역의 DTM 데이터를 입력할 경우 산사태 위험 예상 지역의 분포를 알 수 있다. 부산직할시 전역에 대하여 격자 간격 10미터로 DTM 데이터를 추출할 경우 약 5,760,000 지점의 표고 데이터가 필요하다.

본 논문은 산사태 예측을 위한 것으로서 산사태는 지역성을 갖는 특징이 있었으며, 앞으로 유역면적과 발생지역, 식생분석, 지질 등의 요인을 추가로 진행 예정이다.

4. 結 論

지형 데이터 해석에 따른 산사태 위험지역 선정에 대하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 모델지역의 경우 산사태 발생지점의 상부 경사도가 약 17~31도, 하부 경사도가 약 22~32도로 변하는 지역이 위험지역임을 알 수 있었다.

둘째, 능선이 아닌 계곡지역으로 사면이 남동방향일 때 산사태가 대부분 발생하였다.

셋째, 발생표고는 개발제한표고를 기준으로 약 50미터 사이가 가장 많았으며, 임의지역에 적용하여 산사태 위험지역을 예측한 결과가 일치함을 알 수 있었다.

그리고 산사태 위험지역은 복잡한 발생기구를 갖고 있으나 지역성을 갖는 것으로서 이미 발생된 지역을 항공사진, 지형도, 그리고 현장답사에 의한 조사측량을 하여 지형특성을 밝히는 것이 무엇보다도 중요하다고 판단된다.

감사의 말씀

본 연구는 과학기술처 특정연구개발 사업의 하나로서 연구비를 지원하여 진행되었으며, 아울러 일부 연구비를 (주)해강(구 삼화기술단)에서 협력하여 주신 것을 감사드립니다.

参考文献

1. 古藤田喜久雄, 土砂災害の 予知と對策, 土質工學會, 1987, pp. 31-32.
2. 藤原明敏, 地すべり調査と解析, 理工圖書, 1985, pp. 1-6.
3. 권혁재, 지형학, 법문사, 1990, pp. 55-80.
4. Masataka TAKAGI, Shunji MURAI, Takashi AKIYAMA, "Generation of Land Disaster Risk Map from LANDSAT TM and DTM data", ISPRS, 1992, pp. 754-759.
5. 백규호, 오세봉, 이승래, 특정사레사면 해석결과 및 평가, 한국지반공학회, 91년도 추계학술발표회 논문집, 1991, pp. 25-33.
6. 이재영, 전경식, 윤상묵, 사면의 해석(사례문제 1), 한국지반공학회, 91년도 추계학술발표회 논문집, 1991, pp. 47-61.
7. 이인모, 박경호, 임충모, "산사태 위험도 추정을 위한 간극수압예측에 관한 연구(I)", 한국지반공학회지, 제

- 8권, 제1호, 1992, pp. 81-100.
8. 이인모, 박경호, 임충모, "산사태 위험도 추정을 위한 간극수압예측에 관한 연구(II)", 한국지반공학회지, 제8권, 제2호, 1992, pp. 5-20.
9. 김상규, 장연수, 서홍석, 류지협, 사면내 균열의 산사태 활동에 미치는 영향에 관한 연구, 한국지반공학회 사면안정위원회 학술발표회집, 제2집, 1993, pp. 99-117.
10. M.G. Anderson, K.S. Richards, Slope Stability, John Wiley & Sons, 1987, pp. 187-230.
11. Masanori Suyama, "Assessment of biotechnical slope stability effect for urban forest in Japan", Landslides, Bell, 1991, pp. 831-836.
12. J. Mackean, S. Buechel, L. Gaydos, "Remote Sensing and Landslide Hazard Assessment", PE & RS, vol. 57, No. 9, 1991, pp. 1185-1193.
13. 김영수, "사면안정의 확률론적 해석", 대한토목학회 논문집, 제8권, 제3호, 1988, pp. 85-89.
14. Norikazu Yoshizawa, "Landsliding Monitoring for Presumption of Underground Slide Surface", ISPRS, 1992, pp. 478-485.
15. Peter A. Kingsbury, Wayne J. Hastie & Andrew J. Harrington, "Regional landslip hazard assessment using a Geographic Information System", Landslides, 1991, p. 995.
16. J. Mackean, S. Buechel, and L. Gaydos, "Remote Sensing and Landslide Hazard Assessment", PE & RS, vol. 57, No. 9, 1991, pp. 1185-1193.
17. 강인준, 박재하, 정재형, "항공사진판독에 의한 자연재해예측을 위한 기초적 연구", 한국측지학회지, 제10권, 제2호, 1992, pp. 57-62.
18. 日本測量調査技術協會, 空中寫眞による 地すべり調査の 實際, 鹿島出版會, 1984, pp. 140-148.
19. 강인준, 이홍우, 박재하, 정재형, "표고 데이터베이스에 의한 산사태 위험평가의 기초적 연구", 대한토목학회논문집, 제13권, 제2호, 1993, pp. 211-218.
20. Donna J. Peuquet, Duane F. Marble, Introductory readings in Geographic Information Systems, Taylor & Francis, 1990, pp. 30-51.