

표고 데이터베이스에 의한 산사태 위험평가의 기초적 연구

A Foundmental Study on the Landslide Hazard Assessment Using Database of Ground Height

康仁準* · 李洪右** · 郭載河*** · 鄭載衡****

Kang, In Joon · Lee, Hong Woo · Kwak, Jae Ha · Joung, Jae Hyeung

Abstract

Landslides, failure of slope stability by natural or artificial factors, occur loss of life and properties. Recently, statistical methods and field measurements are used to a study for prediction of landslide harzard area, but there are so many difficulties to find the occurence system because of its complexity.

In this study, authors choose the model area where occured landslides to predict the landslide hazard. Authors made a database of ground height to compare the each topography by scale of 1 : 25,000, 1 : 10,000, 1 : 5,000 and 1 : 1,200. Authors predict to landslide hazard area by the weight of ground height data and slope angle data. Finally, authors could know the possibility of prediction to find the landslide hazard partly.

요 지

산사태는 발생빈도는 적으나 자연적 요인이나 인위적인 요인에 의한 사면의 안정과괴사 많은 인명 및 재산상의 손실을 유발시킨다. 최근 산사태 발생지역 예측을 위한 통계적 방법과 현장관측 방법 등의 연구가 지속적으로 진행되고 있으나 발생체계의 복잡성으로 많은 어려움이 있다.

본 연구에서는 산사태 위험지역 예측을 하기위해 산사태가 발생한 지역을 모델지역으로 선정하였다. 모델지역의 지형을 축척 1 : 25,000, 1 : 10,000, 1 : 5,000, 1 : 1,200별 비교를 하기위해 표고를 데이터베이스화하여 표고 및 경사도의 경중률에 의한 예측을 한 결과 부분적인 예측이 가능함을 알 수 있었다.

1. 序 論

우리나라는 地形的으로 山地가 많고 複雜하여 여름철 集中濛雨, 暴風, 颱風 등으로 많은 自然災害가 發生하고 있으며 가장 큰 재해증 하나가 山沙汰이다.

산사태는 발생시 규모가 대단히 큰 特徵이 있으므로 被害를 입기 前에 그 위험지역을 豫測하는 것이 重要하지만 發生機構의 複雜性으로 많은 어려움이 있다. 산사태는 自然的 要因과 人爲的 要因에 의한 斜面的 安定 破壞로 천천히 그리고 지속적으로 일어난다. 滑動은 일반적으로 回轉滑動(rotational slip)과 平行滑動(translational slip), 그리고 複合滑動(compound slip)으로 크게 나누며 회전활동은 圓호(cir-

* 정희원 · 부산대학교 공과대학 토목공학과, 부교수

** 정희원 · (주)삼화기술년, 상무이사

*** 정희원 · 부산대학교 대학원 토목공학과, 석사과정

**** 정희원 · 부산대학교 대학원 토목공학과, 석사과정

cular)활동과 비원호(noncircular)활동으로 구분한다.⁽¹⁾

산사태의 위험도는 統計的方法과 現場觀測 등으로 예측할 수 있으나 현장관측의 경우 많은 인력을 필요로하고 그 진행상태가 급속히 발생하는 산사태의 경우에 관측하기란 더욱 어려우며 광범위 지역에는 적용시키기 어렵다.

한편, 遠隔探査 방법이나 寫眞測定學的 技法을 이용하면 현장관측의 어려움을 克服할 수 있고 廣範圍한 地域에서도 效果的이다.⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾

1.1 研究同向

산사태 위험도에측을 위한 최근까지의 연구동향을 보면 외국의 경우, 산사태가 자주 발생하는 지역을 모델지역으로 선정하여 산사태 발생전의 토질역학적 현장관측데이터와 DTM 데이터와 원격탐사 데이터를 이용하여 사면안정해석방법으로 산사태 지도를 작성함으로써 실제 산사태가 발생한 지역과 비교한 연구⁽⁷⁾가 있었으며, 사진측정학적 방법을 이용하여 산사태 지역을 가로지르는 지반의 3차원 변위 벡터(three dimensional displacement vector)의 해석으로 산사태에 의한 재해감소방법과 지하비탈면의 기하학적 형상을 추정하여 지하비탈면에서의 대규모 슬라이딩의 특성을 나타낸 연구⁽⁸⁾가 있었다. 또한, 산사태지역의 분포에 관한 정보구축을 위해 ARC/INFO GIS를 이용한 사면의 경사각 데이터와 지형 데이터, 그리고 사면활동 데이터의 상관관계 및 빈도 해석으로 산사태 지도의 제작⁽⁹⁾이 있었다. 그리고, 국내의 경우 산사태가 발생한 지역에서 강우-산사태의 관계를 통계적으로 계산하여 산사태지역의 특성을 해석한 연구⁽¹⁰⁾가 있었다. 토질분야에서는 산사태의 해석을 돕는 평형상태를 역학적인 계산방법에 의한 연구가 활발히 진행⁽¹¹⁾되고 있으나 체계적인 광범위한 방재개념의 산사태 예측연구는 미흡한 단계이다.

1.2 研究目的

자연재해중 산사태에 대한 부분적인 많은 연구가 진행되고 있으나, 일반적으로 산사태가 발생하는 지반은 균일하거나 단순하지 않기 때문에 발생체계의 명확한 파악이 어렵다.⁽¹²⁾ 대부분의 산사태는 土質特性, 傾斜度, 雨水條件, 植生 등 많은 요인에 의해

발생되고 있으며 이러한 제반요소의 조사는 많은 시간이 소요된다. 본 연구에서는 산사태 위험지역의 예측을 위해 지형인자인 표고를 데이터베이스화 하여 이의 이용 가능성을 밝히고자 한다.

2. 災害地域의 等高線 特性

산사태지역은 航空寫眞判讀 뿐아니라 地形圖를 이용한 판독으로 어느정도 發見할 수 있다. 항공사진 판독과 비교해 볼때 지형도를 이용한 판독의 경우 立體觀를 하지 않아도 판독이 가능하고, 정도는 떨어지지만 재해지역의 縱斷圖로 지형을 量的으로 결정할 수 있으며, 항공사진으로 판독이 어려운 대규모 산사태를 판독하기 쉽다는 長點이 있다. 따라서 지형도의 판독으로 산사태 지역을 선정할 경우 재해지역 等高線의 特性을 把握하는 것이 重要하다.⁽¹³⁾

재해지역의 등고선 특성을 보면 비교적 일정한 주변의 등고선에 비하여 그림 1의 A 형태와 같이

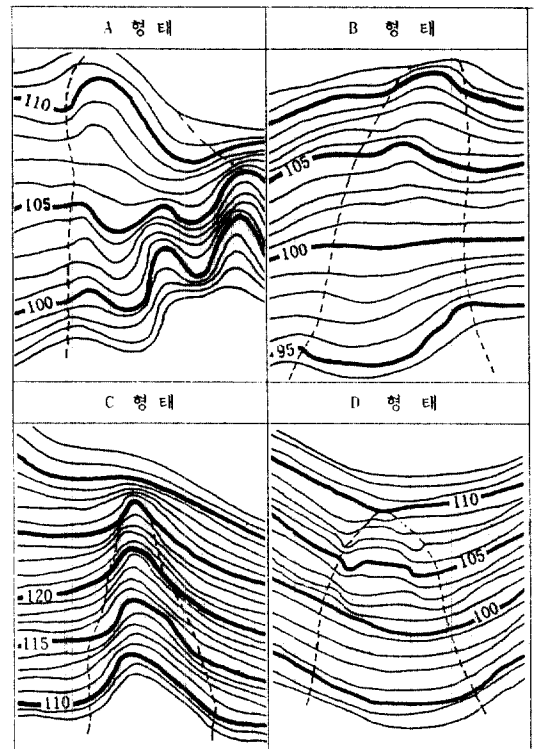


그림 1. 산사태 지역의 등고선 특성.

뚜렷하게 복잡하거나, B 형태처럼 等高線방향이 사면의 상부와 하부에서 역방향으로 나타나는 것이 일반적이다. 이러한 위의 두 요소를 갖추고 있으며 C 형태와 같이 사면의 상부로부터 급경사, 완경사, 급경사등으로 완경사면 배후에 급경사를 한 경우이며, D 형태와 같이 급경사와 완경사가 연속된 계단식地形을 이루고 있는 경우로 크게 분류할 수 있다.

3. 比較分析

모델지역은 행정구역으로 釜山直轄市 金井區 書4洞이며 1991년 8월 23일 颱風 글래디스호가 동반한 최대 강우강도 44 mm/hr인 집중호우에 의한 사면의 안정과괴로 원호활동이 발생한 지역으로 그 규모는 폭 80미터, 길이 500미터이다. 비록 재해가 발생한 지점은 소규모였으나 土石流가 하류로 내려오면서 가옥 등을 파괴하여 많은 피해가 발생된 지역이다.⁽¹⁴⁾ 그리고, 이 연구에서 사용한 DTM데이터는 축척 1:25,000, 1:10,000, 1:5,000, 그리고 1:1,200(도엽번호8685)의 지형도에서 추출하였다. 그림 2는 모델지역의 위치를 나타내고 있으며, 사진 1은 모델지역의 山沙汰 발생 후의 전경이다. 그림 3은 모델지역의 축척별 지형도로 X지점은 산사태가 발생한 지점을 나타내고 있다.

모델지역의 축척별 비교를 위해 1:25,000, 1:10,000, 1:5,000, 1:1,200 지형도를 중심으로 고찰하였으며, 주곡선 간격은 각각 10, 5, 5, 1미터이다.

그림 4,5,6,7의 (a)는 모델지역의 축척별 표고도이며 (b)는 위험지도를 나타내고 있다. 프로그램 수행

시 경중률 문제는 태풍 글래디스호의 영향으로 부산직할시에서 발생한 총 40지점의 산사태 지역 중에서 모델지역이 속한 금정구에서 발생한 10 지점을 기초로 하여 표고별 경사도별 빈도수와 그 규모를 고려하였으며 표고도에서 기호는 * : 0-75, A : 75-80, B : 80-90, C : 90-100, D : 100-110, E : 110-120, F : 120-130, G : 130-140, H : 140-150, I : 150-160, J : 160-170, K : 170-180, L : 180-190, M : 190-200, N : 200미터 이상이다. 위험지도에서 A : 가장위험, B : 위험, C : 보통, D : 안정, E : 가장안정한 상태를 나타내고 있으며 “*”표시는 주거지이다.

재해지역을 모델지역으로 하여 표고데이터베이스에 의해 地形을 비교한 결과 재해가 발생하지 않은 지형과 다른 위험등급을 발견할 수 있었다. 재해지역의 等高線 特性을 중심으로 축척별 표고 데이터의 경사도를 분석한 결과 재해지역을 중심으로 위험성이 높은 것을 알 수 있었다.

그림 9는 축척 1:1,200 地形圖에 의한 山沙汰가 발생하기 전과 후의 地形으로 점선부분이 산사태 발생 후의 等高線이다.

산사태 위험도를 평가한 결과 1:1,200에서는 A 등급, 1:5,000에서는 A등급, 1:10,000에서는 C등급, 그리고 1:25,000에서는 B등급으로 분류되었다. (표 1) 그러나, 1:25,000과 1:10,000의 경우 그 정확도는 신뢰할 수 없으며 축척 1:5,000에서 개략적인 추정이 가능함을 알 수 있으나 1:1,200에서 보다 판정이 정확함을 알 수 있었다.

재해지역의 표고 데이터베이스에 따른 프로그램

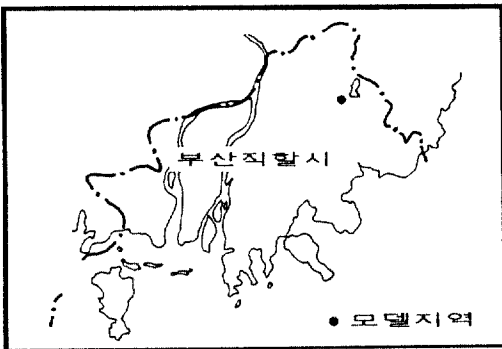


그림 2. 모델지역의 위치도.

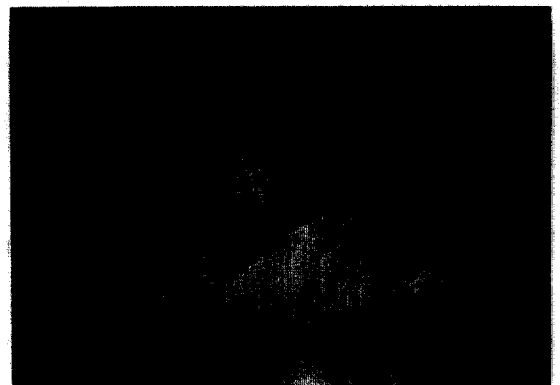
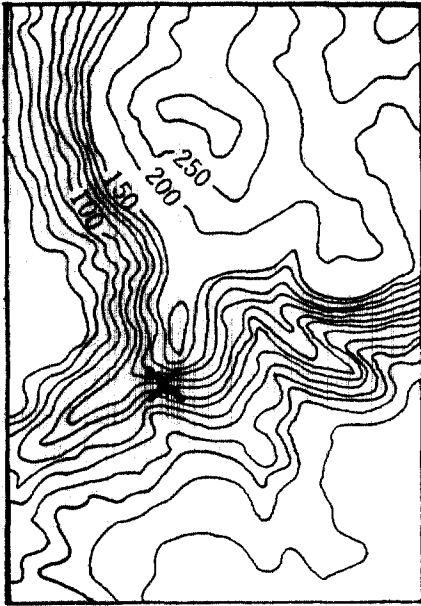
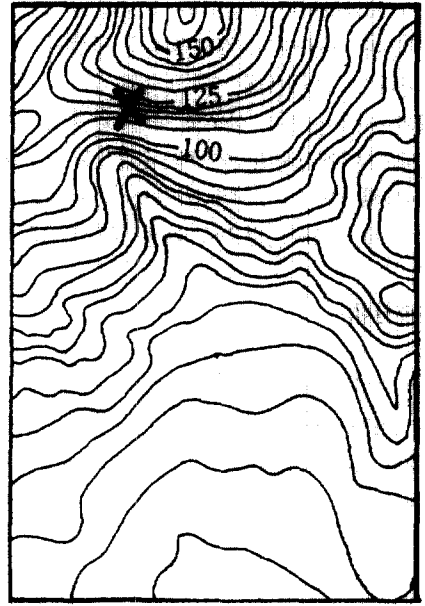


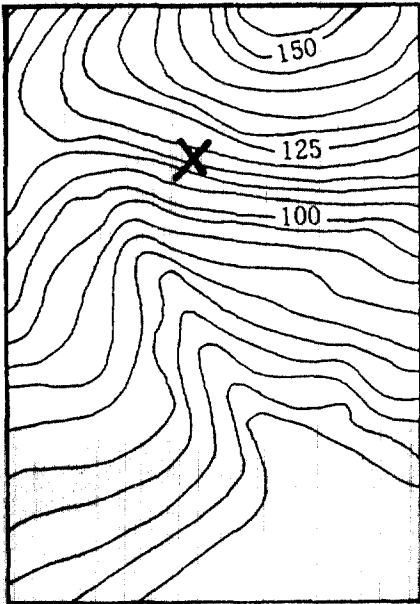
사진 1. 모델지역의 산사태 이후 전경.



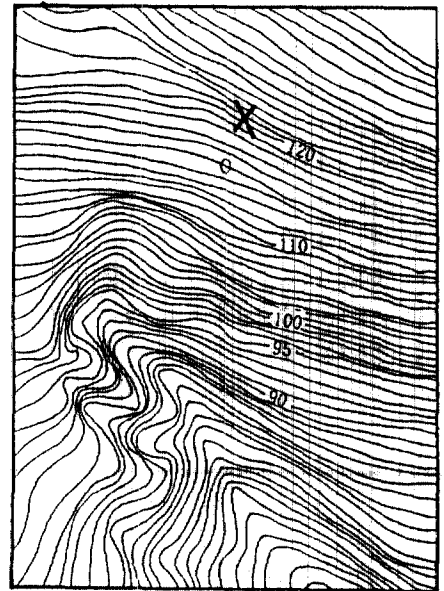
1/25,000



1/10,000



1/5,000



1/1,200

그림 3. 모델지역의 축척별 등고선.

으로 재해위험지도가 작성되므로서 기존지도를 이
용한 제한적인 재해지역 예측이 가능함을 알 수
있었다. 그리고, 축척 1:1,200 지형도의 경우 한도
엽에서 격자간격 10 미터의 표고정보를 데이터베이스

스화 할때 부산직할시 전역은

$$(50 \times 80) \text{ 점/도엽} \times 1,440 \text{ 도엽} = 5,760,000$$

지점의 표고 데이터가 필요하다. 축척별 모델지

0000000001111111112222222223
0123456789012345678901234567890

000000000111111111222222222333
012345678901234567890123456789012

```

+++++
0: CCCCCDEEFFGGHHIIJJIIIIHHHGGG: 0
1: CCCCDDDEEFFGGHHIIJJIIIIHHHGGG: 1
2: CDDDDEEEFFGGHHIIIIIIIIHHHGGG: 2
3: DDDDEEEFFFGGHHIIIIIIIIHHHGGG: 3
4: DDDEEEFFFGGHHIIIIIIIIHHHGGGF: 4
5: DDEEEFFFGGGHHIIIIIIIIHHHGGGF: 5
6: DEEEFFFGGGHHIIIIIIIIHHHGGGF: 6
7: DEEEFFFGGGHHIIIIIIIIHHHGGGF: 7
8: DEEEFFFGGGHHIIIIIIIIHHHGGGF: 8
9: DEEEFFFGGGHHIIIIIIIIHHHGGGF: 9
10: DEEEFFFGGGHGGGGGGGGGGFFFE: 10
11: DEEEEEEFFFGGGGGGGGGFFFE: 11
12: EEEEEEEFFFGGGGGGGFFFE: 12
13: EEEEEEEFFFGGGGGFFFE: 13
14: EDDDDDDDEEEEEEFEDEEDD: 14
15: EDDDDDDDEEEDEDDDDDDDD: 15
16: EDDDDDDDDDDDDDDDDDDDD: 16
17: EDDCCCCBCCDDDDDDDDDD: 17
18: DDDCCCCBCCCCCCCCCCCCDDDD: 18
19: DDDCCCCBCCCCCCCCCCCCCCCC: 19
20: DDDCCCCBBAABBBBBBBBBCCCC: 20
21: DDDCCCCBBA*ABBBBBBBBBCCCC: 21
22: DDDCCCCBBA*AAAAABBBBBBCC: 22
23: DDDCCCCBBA*AAAAABBBBBBBB: 23
24: DDDCCCCBBA*AAAAABBBB*ABB: 24
25: DDDCCCCBBA*AAAA*AAABB: 25
26: DDDCCCCBBA*AAAA*AA*ABB: 26
27: DDDCCCCBBA*AAAA*AA*AAA: 27
28: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AA: 28
29: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AAA: 29
30: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AAAA: 30
31: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AAAA: 31
32: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AAAA: 32
33: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AAAA: 33
34: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AAAA: 34
35: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AAAA: 35
36: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AAAA: 36
37: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AAAA: 37
38: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AAAA: 38
39: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AAAA: 39
40: DDDCCCCBBA*AAAA*AAAA*AAAA: 40

```

```

+++++
0: 0: 0
1: 1: BBBBABCBBBBCCCCCECCCCBCBC: 1
2: 2: BABBABAACBBBCCCCCCCCCCCCC: 2
3: 3: BAABAABAABCBCCCCCCECBCBCBC: 3
4: 4: AAABAAAACCCCCCECCCCCBCBC: 4
5: 5: BABDABCBCBCBCBCBCBCBCBC: 5
6: 6: BBBBACCCCCBCCCCCCCCCCBCB: 6
7: 7: BBBBBDCCCCCCCCCBCCCCCB: 7
8: 8: ABVBABDDCCBCCCBCBCBCB: 8
9: 9: ABAACABCBCBCBCBCBCBCB: 9
10: 10: BAAAAABBBDDCCBCBCBCBCB: 10
11: 11: BAACAABBBACBCBBBCDCBCB: 11
12: 12: BBABBBBABAABCCBBDDDBB: 12
13: 13: CBBAABBBBABBBCBCBBABBC: 13
14: 14: BAAABBBABAABBBCCBCBCC: 14
15: 15: BBACACBBBBAABBBACBBAC: 15
16: 16: ABBBABCBCBBBAACBCBAAB: 16
17: 17: ABCADBBBCBBAABBBABAB: 17
18: 18: BAAAAABBBBDBBBBBBBBBB: 18
19: 19: CABBBBBBBBBBBBBBBBBBBB: 19
20: 20: AABDDBBBBBBBBBBBBBBBBB: 20
21: 21: CBDBBBBBBE*BBBBBBBBBB: 21
22: 22: CBDBBBBBBE*DCBBBBBBB: 22
23: 23: CABBBBBBBB*DBBBBBBBB: 23
24: 24: ABBBBBBBBBD*DB*BBBCC: 24
25: 25: BDBBDBBBE*DB*BBBCC: 25
26: 26: BBBBDBBBE*DC*DCBC: 26
27: 27: BBBBDBBBE*DC*DC*CB: 27
28: 28: BBBBDBBBE*DC*DC*CB*: 28
29: 29: DDDDDDBBBB*DC*DC*CB*: 29
30: 30: DDDDDDBBBB*DC*DC*CB*: 30
31: 31: BDBDDDBBE*DC*DC*CB*: 31
32: 32: BDDDDDBBC*DC*DC*CB*: 32
33: 33: BDDDBBC*DC*DC*CB*: 33
34: 34: BDDDBBC*DC*DC*CB*: 34
35: 35: E*DC*DC*CB*DC*DC*CB*: 35
36: 36: *DC*DC*CB*DC*DC*CB*: 36
37: 37: *DC*DC*CB*DC*DC*CB*: 37
38: 38: *DC*DC*CB*DC*DC*CB*: 38
39: 39: *DC*DC*CB*DC*DC*CB*: 39
40: 40: *DC*DC*CB*DC*DC*CB*: 40

```

0000000001111111112222222223
0123456789012345678901234567890

000000000111111111222222222333
012345678901234567890123456789012

(a) (b)
그림 4. 산사태 위험지도(1 : 1,200).

역의 재해위험지도를 비교해 볼때 DTM데이터의 추출에 있어 대축척인 1 : 1,200의 地形圖가 가장 정도가 높음을 알 수 있었고, 부산시에서 제작한 이러한 지도는 재해지역 예측에 대단히 유용함을 나타내었다. 축척 1 : 1,200 地形圖는 “부산직할시 항공사진측량 현황도”로 칭하고 있으나 현재 우리나라 지도는 국립지리원에서 항공측량방법으로 제

작되고 있으므로 항공측량을 강조한 것으로 보인다. 또한 행정의 효율화에 이러한 지도는 적은 비용으로 커다란 효과를 갖고 있다. 또한, 재해지역의 범위는 표고만으로 결정될 수 없으므로 토질, 임상, 강우강도 등의 요소를 추가로 적용할 때 그 효과가 크다고 판단된다.

```

0000000001111111112222
0123456789012345678901234
+++++
0 : *****BCCDEGGHI I J I IHGFEED: 0
1 : *****ABCDEFGHI I J I IGGFFED: 1
2 : *****AABCDEFGHI J IHGGFEED: 2
3 : *****A*ABCDEFGHI J IHGGFEDD: 3
4 : *****ABCDEFGHI I I IHGFEDD: 4
5 : *****AABCDEFGHI I I*IHGFECB: 5
6 : **ABBCDEDEFGHHH*GGFEEDCB: 6
7 : ABBCCEDEFFFGGGGFFEDCCB: 7
8 : BBCCCEEEEEFFFFFEDCCBB: 8
9 : CCCDEEEDDDDEEEEDDCCAB: 9
10 : DDEEEEDDCCCGCCCHDCBBBA: 10
11 : DEEEEDDCCBABBBCCCBAA*: 11
12 : EEDDDDDCCBA*AABBBBBBA*: 12
13 : EDCCCCCBBA**AAABBBAA*: 13
14 : DCCCCCBBA*****A*: 14
15 : DCCBBBBBBA*****: 15
16 : CCBBCAAAA*****: 16
17 : CBBAAAA*****: 17
18 : BBBBA*A*****: 18
19 : **A*****: 19
20 : *A*****: 20
+++++

```

```

0000000001111111112222
0123456789012345678901234

```

(a)

```

0000000001111111112222
0123456789012345678901234
+++++
0 : *****BBBABDBBCCCCCAABB : 0
1 : *****BBBBBDCCCCCBACBB : 1
2 : *****C*DDCCDDCCBBBCBA : 2
3 : *****BBBCCDDCCDDDBCCB : 3
4 : *****BBBBAACBCCD*DCBBD : 4
5 : *BBDBBACBCCBCD*DCBBABB : 5
6 : BBDBBBBCBBDDBDABBBB : 6
7 : BBDBBBAABBBBCBABBABB : 7
8 : BBABBBABBBABBBBABABBD : 8
9 : BAAAABBBBBDDBBDBB : 9
10 : BAABBAABDBBBBDBBDB : 10
11 : BAABBAABBB*BBBDBBDB* : 11
12 : BAABDBBDB**BBBBB* : 12
13 : BBBBBBBB*****CCB* : 13
14 : BBDDDDDD***** : 14
15 : BDBBDDDD***** : 15
16 : DDBDD***** : 16
17 : BDBCB***** : 17
18 : DD***** : 18
19 : ***** : 19
20 : ***** : 20
+++++

```

```

0000000001111111112222
0123456789012345678901234

```

(b)

그림 5. 산사태 위험지도(1 : 5,000).

```

0000000001111111112
012345678901234567890
+++++
0 : **ABCEFGHJKMNNMLLN: 0
1 : ***BCCDEGIKKNMLKJKN: 1
2 : ****CDEFIKLKKJIHKM: 2
3 : *****BDCFHJII I IHHKML: 3
4 : *****ADDFHI IHGGFGJKK: 4
5 : *****ADFGHIHGFEFPHI I : 5
6 : *****BDFHI IHFECDDCEGF: 6
7 : *****BDEGI IGFEDDCBCC: 7
8 : *****CDGI IGFDCBDCC*: 8
9 : *****ACDEGIHGFD**BCB*: 9
10 : ***BCCEFFGGFFCB**ABB: 10
11 : *ACDEDDEDDCA*****: 11
12 : *BDDEDCBBBCCA*****: 12
13 : ACDDCCB**ABA*****: 13
14 : BDDCBBA*****: 14
15 : CCCBAA*****: 15
16 : BAA*****: 16
17 : *****: 17
+++++

```

```

0000000001111111112
012345678901234567890

```

(a)

```

0000000001111111112
012345678901234567890
+++++
0 : *DBBCCCCCECCBCCCC : 0
1 : **EDBBCCCCCCCCDCC : 1
2 : *DBBCCCCCCCCCCB : 2
3 : *****BBAACCCCCCCC : 3
4 : ***DBABCCCBABABC : 4
5 : **CBABCCCBDBADBC : 5
6 : ***DBABCCDCABDBBB : 6
7 : ***EDCCCBDBDBBE : 7
8 : ***BBBBCCBBBDBBB : 8
9 : *DBBBBACCBABD*BB : 9
10 : BBBBBBBBBBBB*BB : 10
11 : BBAABBBB*BB : 11
12 : BBADBB*CBBD* : 12
13 : *BBDBB* : 13
14 : BBDDB* : 14
15 : BBDDB* : 15
16 : DDD* : 16
17 : * : 17
+++++

```

```

0000000001111111112
012345678901234567890

```

(b)

그림 6. 산사태 위험지도(1 : 10,000).

표 1. 산사태 발생지점의 축척별 위험평가
(단위 ; 미터)

축척	1:25,000	1:10,000	1:5,000	1:1,200
등고선 간격	10	5	5	1
격자 간격	100	50	25	10
위험 등급	B	C	A	A

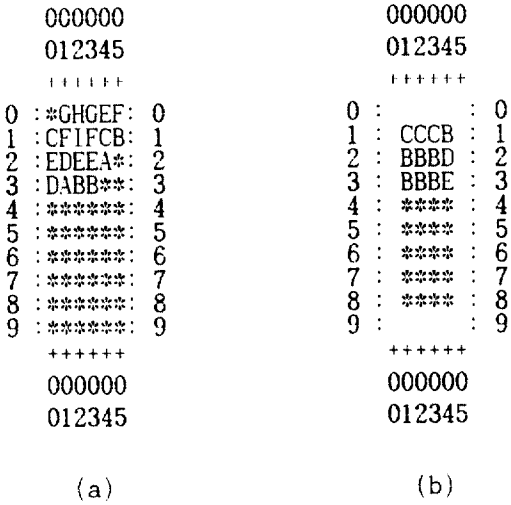


그림 7. 산사태 위험지도(1 : 25,000).

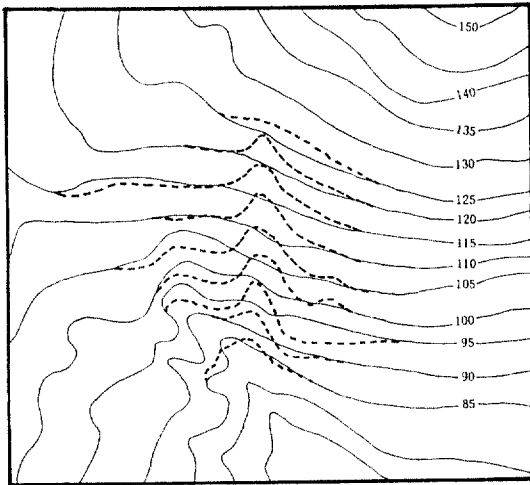


그림 8. 산사태 발생전.후의 지형도

4. 結 論

기존지도의 표고를 데이터베이스화하여 이를 이용한 재해위험지 예측에 대한 연구에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 산사태 지역의 위험지도를 제작할때 등고선 간격 5 미터를 기준으로 격자간격 25미터 이하에서 부분적인 재해예측이 가능하였으며, 축척별 고려에서 1:1200의 지형도를 격자간격 10미터로 해석한 것이 보다 재해지역 예측에 유리하였다.

둘째, 산사태 예측은 발생체계가 복잡하여 어려우나 과거 발생지점을 중심으로 통계적 분석에 따른 경중률을 적용하여 평가하므로써 보다 합리적 방법임을 알 수 있었다.

셋째, 기존지도의 표고만을 고려하여 산사태가 발생한 지점의 위험도를 알 수 있었으나 지질, 임상, 강우강도와 토지이용에 따른 각종요소, 항공사진 및 원격탐사 데이터 등을 이용하면 보다 정밀도가 높은 재해위험 지도가 작성되어 재해예측이 가능하리라 생각 된다.

그리고, 주택지의 부족으로 경사지 시공이 불가피한 도시지역에서 산사태가 발생한 후 많은 복구공사 비용과 인명손실을 비교할때 적은 비용으로 재해예측이 가능하므로 이에 대한 지속적 관측, 프로그램 개발 및 조사가 활성화 되도록 정부의 지원이 필요함을 알 수 있었다.

參 考 文 獻

1. R. F. Craig, *Soil Mechanics*, 4th, Chapman and Hall, 1990, pp. 352.
2. 斜面災害 アジアセミナー-熊本 1991の 報告, 土の基礎, 제40권, 제2호, PP. 101-104.
3. 강인준, "항공사진측량에 의한 산사태분석에 관한 연구", 한국측지학회지, 제9권, 제2호, 1991, pp. 119-125.
4. 강인준, 이홍우, 광재하, 정재형, "등고선 특성에 의한 자연재해예측", 한국측지학회학술발표, 1993, pp. 1-7.
5. J. Mackean, S. Buechel, L. Gaydos, "Remote Sensing and Landslide Hazard Assessment", *PE & RS*, Vol. 57, No. 9, 1991, pp. 1185-1193.
6. 유복모, 사진측정학, 문운당, 1991, PP. 101-105.

7. Masataka TAKAGI, Shunji MURAI, Takashi AKIYAMA, "Generation of Land Disaster Risk Map from LANDSAT TM and DTM data", ISPRS, 1992, pp. 754-759.
8. Norikazu YOSHIZAWA, "LANDSLIDING MONITORING FOR PRESUMPTION OF UNDERGROUND SLIDE SURFACE", ISPRS, 1992, pp. 478-485.
9. Peter A. Kingsbury, Wayne J. Hastie & Andrew J. Harrington, "Regional landship hazard assessment using a Geographic Information System", 1991, pp. 995.
10. 김영수, "사면안정의 확률론적 해석", **대한토목학회 논문집**, 제8권, 제3호, 1988, pp. 85-89.
11. S. K. Kim, W. P. Hong, Y. M. Kim, "Prediction of rainfall-triggered landslides in Korea", *Landslides*, vol. 2, 1992, pp. 989.
12. 홍원표, 산사태 및 지반침하, **대한토목학회지**, 제35권, 제5호, 1987, pp. 48-50.
13. 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.
14. 부산직할시, 서4동 산사태지역 안전진단 및 피해 복구 실시설계 종합보고서, 1991, pp. 62.
(接受 : 1993. 3. 8)