

Isopleth Mapping 기법에 의한 봉계지역의 Landslide 활동성 연구

김윤종 · 유일현

한국동력자원연구소 응용지질연구실

(1989년 8월 15일 받음 ; 1989년 8월 30일 수리)

Recognition of Landslide Activities in Bonggye Area Using Isopleth Mapping Techniques

Youn-jong Kim and Il-hyon Yu

Applied Geology Division, Korea Institute of Energy and Resources

(Received August 15, 1989 ; Accepted August 30, 1989)

Abstract

The inventory maps of landslide deposits show where landsliding has occurred in the past, and serve as a general guide to slope stability. Isopleth maps derived from those inventory maps, generalize and quantify the areal distribution of landslide deposits in contour form. Isopleth maps can provide an economical means for the recognition of landslide activity and assessing the degree of landslide hazard in a large area, especially rural areas. Isopleth maps of Bonggye area, where the degree of landslide hazard is very high, show the mitigation of landslide activities remarkably by the remedial efforts during the period of 1954-1971.

1. 서 언

지방의 농경지나 산간지방에서의 Landslide에 의한 위험은 비교적 낮고, 그의 활동규모가 적은 것으로 인식되어 있으나, 이것은 지역적 특성, 즉 낮은 인구밀도에 비유되어 고려되어진 것이다. Landsliding의 안정성을 평가하기 위한 토양과 암석의 물리적, 공학적 실험 자료들은 이러한 넓고 낮은 인구밀도 지역에서는 비경제적이며, 많은 시간과 노력이 요구된다.

Isopleth mapping은 이러한 넓은 지역에서의 Landslide 피해의 정도와 활동성을 평가하기

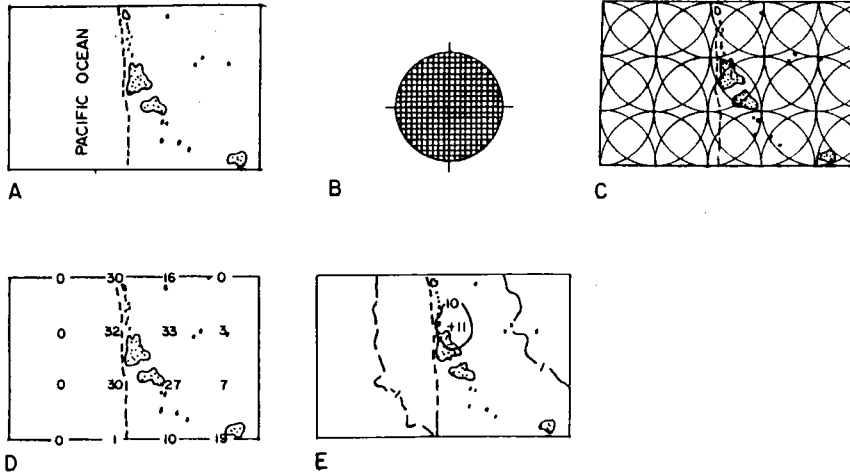


Fig. 1. Steps in preparation of isopleth map(Wright, Campbell, and Nilsen, 1974).

- A : Inventory map of landslide deposits.
- B : Counting circle(diameter 2-2.5cm).
- C : Counting circles positioned with their centers on the intersections of grids overlain on the inventory map(grid omitted).
- D : Percentages of the areas covered by landslide deposits within the counting circle.
- E : Isopleth map.

위한 경제적인 수단이며, 필요한 자료는 지형도와 Landslide deposits의 분포도(Inventory maps, Fig. 4)이다. 이 분포도는 과거에 Landsliding이 일어났던 장소를 보여 주며, 이들로부터 만들어진 Isopleth map들은 Landslide deposits의 공간적인 분포를 양적으로 일반화하기 위하여, 등고선의 형태(contour form)로 그려지며, Landslide의 형태와 시간적 차이에 따라서도 작성이 가능하다. 봉계지역은 화강 섬록암이 주 분포를 이루며, 심한 침식과 깊은 풍화대에 의하여 Landsliding이 활발한 지역으로서(Fig 2, 3), 이러한 넓은 지역에서의 Landslide 활동성과 지형 경사에 따른 실제 사망사업의 효과를 인지키 위하여 Isopleth map이 작성되었다.

Campbell(1973, 1974)은 Landslide deposits의 Isopleth mapping의 기술적 방법과 몇 가지의 효용성을 제시하였다. 첫째는, Landslide 발생빈도의 조사자료로서, 둘째는, Landslide에 의한 피해평가(hazard assessment)의 기초적 수단으로서의 이용이다.

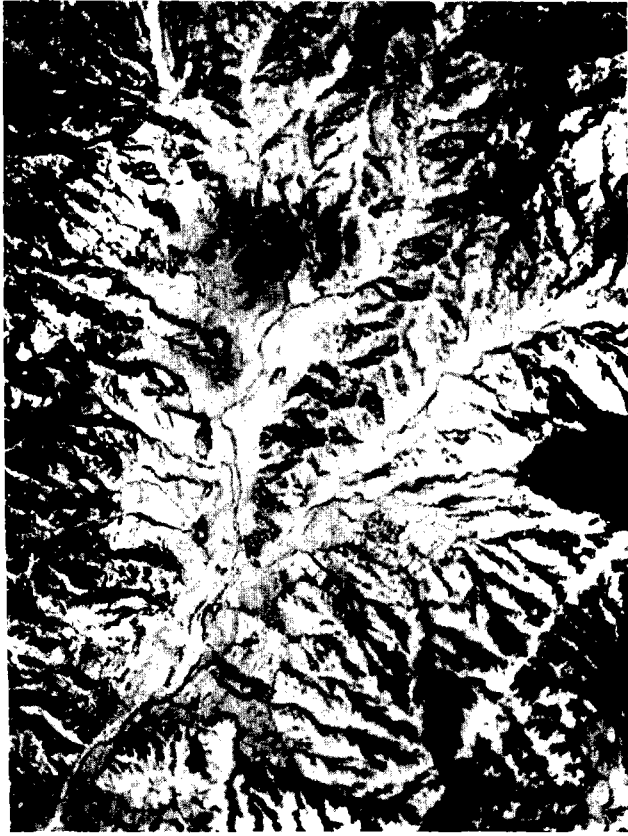


Fig. 2. Aerial photograph of Bonggye area(scale, 1 : 15,000).



Fig. 3. A view showing landscape.

2. Isopleth map 작성방법과 그의 효용성

Isopleth map 작성의(Wright, Campbell and Nilsen, 1974) 첫번째 단계는, 현재 존재하는 Landslide deposits 분포도의 작성이며, 이 과정은 주로 항공사진 판독을 거쳐 한정된 야외조사의 확인으로써 이루어진다(Fig.1-A). 20×20의 수를 가진 격자들로 된 지역에 직경 2-2.5cm 내접원이(Fig.1-B) 작성된 분포도 위에 놓여진 후, 그 위 격자의 교차점에 원의 중심이 놓여지게 한다(Fig.1-C). 이 원(counting circle) 내부의 Landslide deposits가 차지하는 격자의 수를, 원 내부의 전체 격자수로 나눈 후 100을 곱하여(percentage values), 그 값을 원의 중심이 위치한 격자의 교차점 위에 적어 놓는다(Fig.1-D). 모든 교차점의 값이 계산될 때까지 이 과정이 반복되고, 등고선(contour lines, Isopleths)이 정해진 간격의 값에 따라 그려지며(Fig.1-D), 그 간격은 1, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90(%)으로 주어진다. 이렇게 작성된 Isopleth map은 Landslide deposits 분포도 위의 모든 위치에 놓여진 직경 2-2.5cm 원 내에 Landslide deposits에 의하여 차지된 면적의 비율을 나타내는 것이다.

Landslide deposits의 분포도(Inventory maps)는 대상물이 정량화(quantified)되지 않았기 때문에 다른 목적으로 만들어진 여러 형태의 지도(예: 사면 안정도)들의 자료와 쉽게 조합을 이룰 수 없으나, Isopleth map은 Landslide deposits의 분포를 일반화시킨 것으로써, 등고선의 형태는 한 지도 위의 다른 지역들 사이에서 그들의 양적인 비교를 가능하게 한다. 또한, Landslide deposits의 배열과, 그들의 분포도 작성시 무시되었거나 생략된 부분들의 재확인을 등고선의 smoothing에 의하여 가능케 하며, 사면 안정성(slope stability)과 관계되는 여러 요소가 비효용성을 보일 때(예: 부분적인 실험자료 및 기하학적 요소의 부정확성), Isopleth map은 Landslide 활동 인지에 대한 일반적인 지침으로써 이용되어질 수 있다(Degraff and Canuti, 1988).

3. 봉계지역의 Landslides 활동성

본 지역의 조사를 위해, 17년 간격의 축척 1:15,000 항공사진(1954년 3월, 1971년 10월)과 야외조사가 이루어졌다. Fig.4는 1971년도 항공사진을 기초로 하여 만들어진 Landslide deposits의 분포도이며, Fig.5, 6은 같은 축척의 Isopleth maps이다.

시간의 변화에 따른(17년) 산 하부지역의 등고선 간격이 넓어짐과, 같은 값을 지닌 등고선의 위치 상승은, 전 구역에 걸쳐 지형경사가 완만한 지역(10도 이하, Fig.7)에서의 계속적인 식목과 경사 조절작업으로 Landslide의 활동이 많이 저하되었고, 특히 남서부 및 서부지역은 그의 빈도와 규모가 현저히 감소됨을 알 수 있다. 그러나 Fig.5, 6 두 그림에서, 전체적인 등고선

Table 1. Guideline for Geological Evaluation of Planned Timber Sales Based on Landslide-Susceptibility Categories Identified on Isoleth Maps (Degraff, 1985)

Landslide-Susceptibility Categories	Area Covered by Landslide Deposits (in percent)	Evaluation Guidelines
Negligible	1	No geologic evaluation necessary due to lack of potential landslide problems.
Low	1-10	Geologic evaluation may be required to identify design modifications which ensure maintenance of stability.
Moderate	10-30	Geologic study is needed to determine landslide mitigation alternative and to develop design requirements for roads and harvest units.
High	30-50	Geologic investigation is required to establish the degree of hazard posed by timber sale activity and the feasibility of mitigating it.
Very high	50-70	Detailed geologic study only when it is necessary to compute the specific risk from landslides to major roads crossing these areas.
Extreme	70	Extensive geologic investigation only to compute the specific risk of landslides for future land use planning.

형태의 유사함과 고지대의 Landslide 활동빈도(contour level : %)의 적은 변화는, 그 지역들에 대한 Landsliding과 산림 보호대책은 거의 실시되지 않은 것으로 판단된다. 본 지역에서 중요한 Landslide 활동 진행방향(trend)은 남서 - 북동방향(남부와 동부지역)이며, Landslide deposits의 지형학적 배열(geographic orientation)은 북서방향이 주를 이루고 있다.

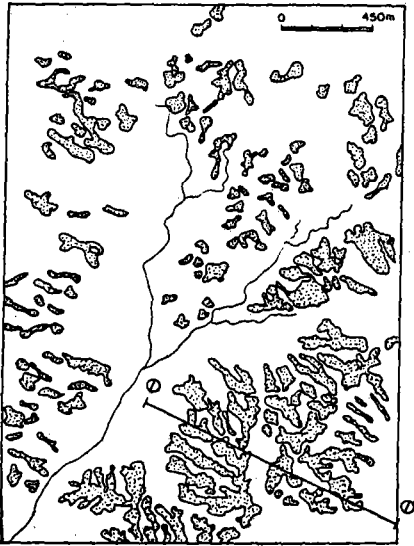


Fig. 4. Inventory map of landslide deposits in Bonggye area derived from aerial photography in 1971.

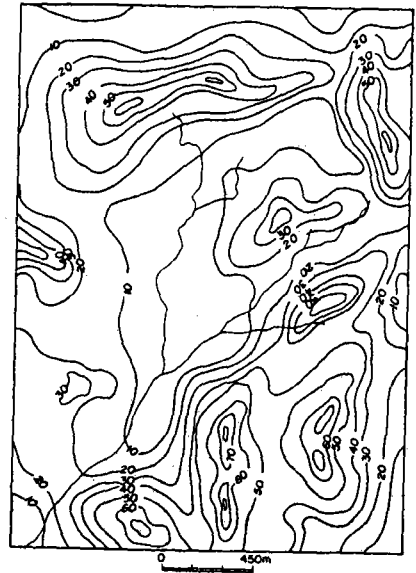


Fig. 5. Isopleth map of landslide deposits in 1954.

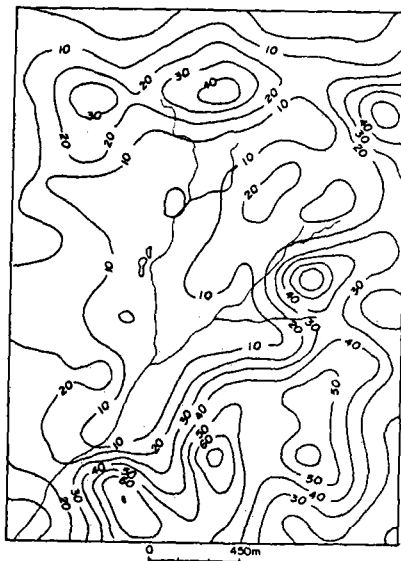


Fig. 6. Isopleth map of landslide deposits in 1971.

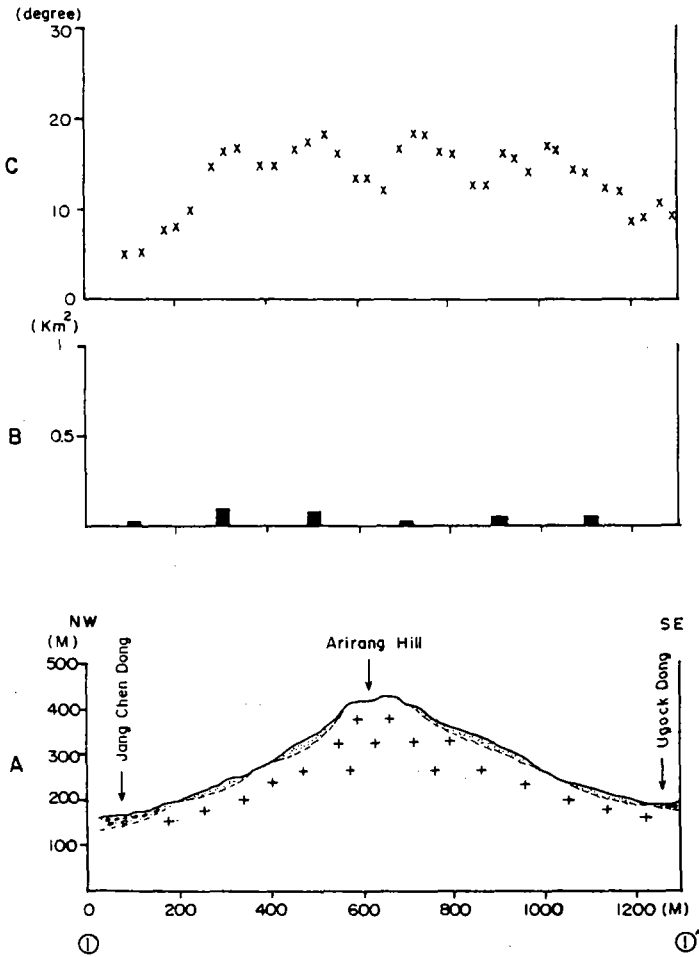


Fig. 7. Longitudinal profile of Arirang Hill(Bonggye area).

- A. Generalized valley side geology and landslide distribution.
- B. Area of landslide debris per 200m of the profile ① ~ ①' in Fig. 4.
- C. Average valley side slope.

Isopleth map에 대한 Landslide활동성에 따른 위험 구분의 한 예를(Landslide susceptibility categories) Table 1에 표시하였으며, 이 구분은 미국 The Sierra National Forest의 산림재목 판매계획(timber sale planning) 연구에 기초하여 작성된 것으로 (Degraff, 1985), 그에 의한 Landslides의 위험(특히 운반 도로의 파괴)을 줄이는 최적 방법은, 벌채에 의해 야기되는 여러 형태의 Landslide 피해지역들의 예상과 그 구역들을 정의하는 일로서, Isopleth map이 중요한 기초자료로써 이용되었으며, 이 구분은 지역적 특성에 따라 고려되어야 한다. 봉계지

역이 산간지방인 점을 고려할 때 그에 의한 일반적 구분은 커다란 무리가 없을 것으로 사료되나, 실제 적용에 대해서는 좀더 자세한 야외조사가 요구된다. Fig. 5, 6에서, 본 지역의 남서부 구역에서 보여 주는 30% 이상 지역은, 심한 침식과 깊은 풍화대에 의하여 산 중부 및 하부에 실제로 중요한 Landslide deposits의 분포가 관찰된다(Fig.7).

4. 결론 및 토의

본 연구에서 작성된 Isopleth map에 의한 Landslide의 활동성 분석결과는, 그에 대한 억제책으로 각 지방자치단체가 지금까지 실시해 왔던 낮은 경사지역(10도 미만)에서의 부분적이고 단순한 식목효과는 17년간의 시간을 고려할 때 그 효과가 성공적이 못되는 것으로 판단된다. 조직적이며 지속적인 대책을 수립키 위해, Isopleth maps에서 제시된 Landsliding의 활동방향(제3항)과 Landslide deposits의 지형학적 배열을 고려하여, 높은 경사지역을 포함한 Landslide 주 활동 예상구역에 대한 집중적이고 선별적인 식목사업과 지형경사조절 등 적극적 대책을 수립하여야 한다.

Isopleth map의 실제 이용자들은 그의 질적인 한계를 인지하여야 한다. 그것은 Landslide deposits의 분포도 작성시 기본자료(source data)들의 정확성, 축척 등에 기인되기 때문이다. 실제로 본 Isopleth map 작성시 문제점은 다른 축척의 지도(항공사진, 지형도)들 상호간의 기하학적 요소의 불일치와 부정확성이었다. 또한, Isopleth map은 Landslides를 유발시키는 원인은 고려치 않고 현 상태의 Landslides의 분포만을 보여 주는 것이다. 그러나 특별한 형태의 Landslides에 대한 Isopleth map의 작성은, 그 형태의 Landslide를 유발시키는 특징적인 요인을 인지하는 데 커다란 도움을 준다. 동일한 지역에서 시간차에 따른(약 10-15년) Isopleth map의 작성은 농작물이나 산림들이 어떻게 Landslide의 활동에 영향을 주며, 그의 피해의 정도와 효과적인 토지 이용(land use)에 대한 방안을 제시할 수 있고, 넓은 지역(지방의 농경지나 산간지)에서의 피해지역 구분(hazard zonation)에 있어서 경제적인 수단으로서 이용될 수 있다.

References

- Bruce F. Walker and Robin Fell, 1987. *Soil Slope Instability and Stabilisation*. Rotterdam : A. A. Balkema, pp.6-26.
- Campbell R.H., 1973. Isopleth map of landslide deposits, Point Dune quadrangle, Los Angeles Country, California : An experiment in generalizing and quantifying areal distribution of landslides. *U.S. Geol. Surv. Misc. Field Investigation Map MF-535*.

- Degraff J.V., 1985. Using isopleth maps of landslide deposits as a tool in timber sale planning. *Bull. Assoc. Eng. Geol.*, No. 22, pp. 445-453.
- Degraff J.V. and Canuti P., 1988. Using isopleth mapping to evaluate landslide activity in relation to agricultural practices. *Bull. Int. Asso. Eng. Geol.*, No. 38, pp. 61-71.
- Mahrt T. and Malgot J., 1985. Devastation of environment by landslides activated by construction. *Bull. Assoc. Eng. Geol.*, No. 22, pp. 81-88.
- Northmore K.J., Duncan S.V. and Gostelow T.P., 1978. Landslide survey of South Wales Coalfield Valleys. *I.G.S.*, EG/78/17.
- Schmid C.F. and Maccannel E.H., 1955. Basic problems, techniques and the theory of isopleth mapping. *Am. Statistical Assoc. J.l.*, Vol. 50, No. 269, pp. 220-239.
- Wright R.H., Campbell R.H. and Nilsen T.H., 1974. Preparation and use of Isopleth Maps of Landslide Deposits. *Geology*, Vol. 2, pp. 483-485.
- 유일현 · 윤건신 · 김윤중 · 윤상규, 1980. 봉계지역 응용지질도, 자원개발연구소.