

영상사진을 이용한 지반공학적인 선구조분석 연구

A Study on Geotechnical Lineament Analysis by Image Processing Method

이수곤¹⁾, Su-Gon Lee, 금동현²⁾, Dong-Heon Geum

¹⁾ 서울시립대학교 토목공학과 부교수, Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Seoul

²⁾ 서울시립대학교 토목공학과 석사과정, Master Course, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Seoul

SYNOPSIS : Most of ground investigations can be grasped geological distribution which like rock name, geological structure, soil condition, underwater condition, land slide, ground cave-in, ground collapse by geological survey. But geological survey is limited to part region geological structure, not wide region. Therefore, Image Processing Method must need to grasp wide region geological structure. The object of this research is presented analysis data of geotechnical engineering in first step investigation.

주요어(key words) : Lineament Density, Drainage Frequency, Grid, Rosette Diagram, Histogram

1. 서 론

현재 대부분의 지반조사는 지표지질조사를 통해 암종, 지질구조, 토층상태, 지하수 상태, 산사태, 비탈면 파괴, 지층함몰, 지층 붕괴와 같은 지질분포상태를 파악할 수 있다. 그러나 지표지질조사는 그 지역의 국부적인 부분만을 관찰 할 뿐이다. 따라서 이러한 광역적인 지질구조를 파악하기 위하여 위성영상 및 항공사진의 분석이 반드시 필요하다. 본 연구는 선구조의 분석을 통하여 초기 지반조사단계에서의 충분한 지반공학적인 분석자료를 제시하는데 목적이 있다.

2. 영상사진을 이용한 선구조분석

위성영상 및 항공사진에 의한 선구조분석은 지반관련 기술자들에게 토목공사를 위한 설계 및 시공시 이해의 폭을 넓히기 위하여 대상지역에 대한 선구조의 길이와 빈도, 방향성에 대한 분석을 실시하였으며 그 내용은 다음과 같다.

2.1 인공위성 영상분석

2.1.1 처리기법

(1) 2차원적 영상처리 : 인도의 지구관측위성 IRS-C 5m 해상력을 갖는 영상으로부터 지형과 지질구조 특히, 선구조선을 추출하기 위하여 선형강조 처리를 하였다.(그림 1)

(2) 3차원적 영상처리 : IRS-C 영상은 가시광 파장대의 Panchromatic이기 때문에 시각적인 선구조선 판독에 한계가 있으므로 이를 Color화 하여서 보다 정확한 지형분석과 선구조 판독을 하기 위하여 프랑스의 지구관측 위성인 SPOT의 20m 해상력인 Multi-band 영상과 융합하여 False color image를 작성하였다. 본 영상자료에 수치고도자료도 사용하여서 3차원 영상을 작성하므로써 명확한 지형분석 및 선구조 선을 추출할 수 있었다.(그림 2)

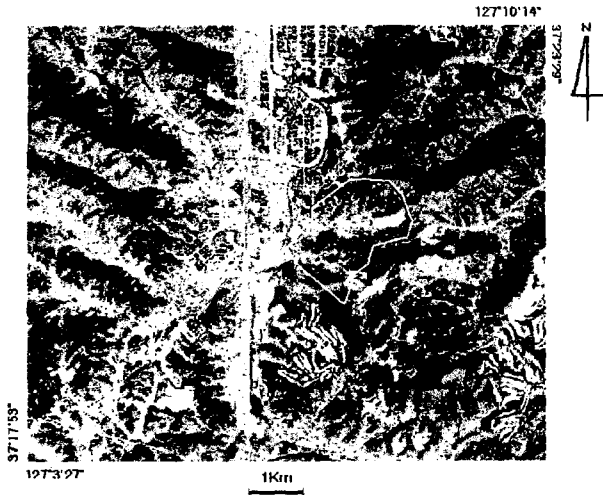


그림 1 인공위성 사진

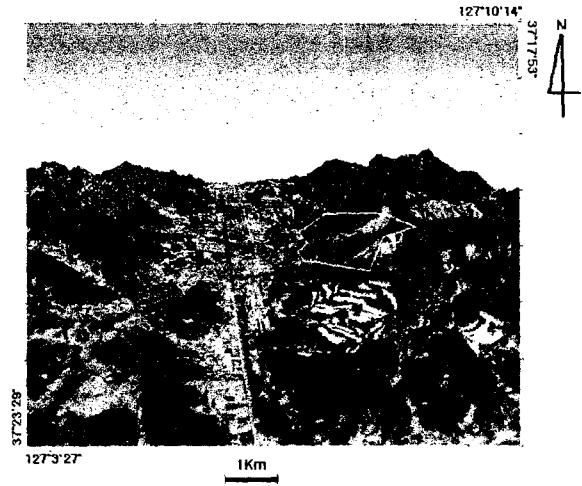


그림 2 3차원으로 영상 처리한 인공위성 사진

(3) 음영기복도 : 지형분석과 선구조선을 추출하는 또 다른 방법의 하나로서 음영 기복도를 작성하였다. 본 음영 기복도는 20m 간격의 수치 고도자료를 사용하여 본 지역의 지형특성상 가장 선구조가 잘 보여 주는 방향에서 분석되었는데 태양이 비치는 방향(Azimuth angle)은 135° 이고, 태양이 비치는 고도각은 45° 에서 작성된 것이다.(그림 3)

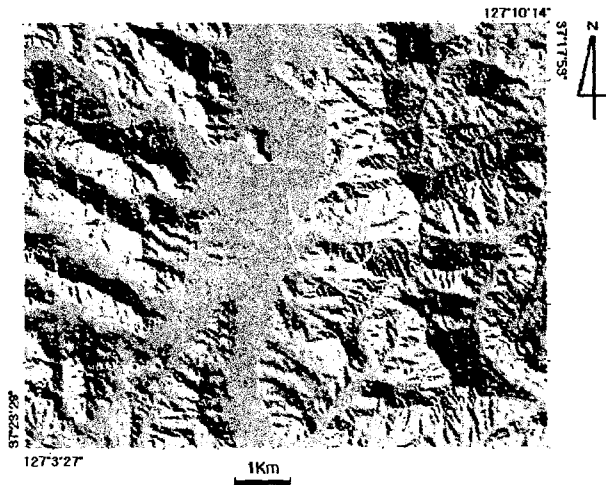


그림 3 수치 지형 고도 자료를 이용하여 작성한 음영기복 사진

2.1.2 결과분석 방법 및 해석

상기의 2차원적 영상처리와 3차원적 영상처리 및 음영기복도를 바탕으로 선구조를 분석하였으며 선구조의 방향과 길이, 밀도, 빈도 등의 등고선도를 작성하기 위하여 조사지역을 몇 개의 Grid로 나누어 표시하였다.(그림 4, 5, 6)

(1) 선구조 방향과 길이

선구조의 방향과 길이는 지질구조에 많은 영향을 주기 때문에 이에 대한 분석이 필요하며 특히 터널의 진행방향과는 밀접한 상관관계에 있기 때문에 선구조의 방향과 길이를 분석하여야 한다. 본 연구에서는 해당 조사지역의 연장성이 서로 다른 선구조의 방향을 통계 처리하여 Rosette Diagram으로 분석하여

(그림 4-1, 4-2) 터널이나 사면의 방향과의 관계를 고려하였으며, 조사지역의 연장성이 서로 다른 선구조의 길이에 따른 개수를 통계 처리하여 Histogram으로 분석하였다(그림 4-3).

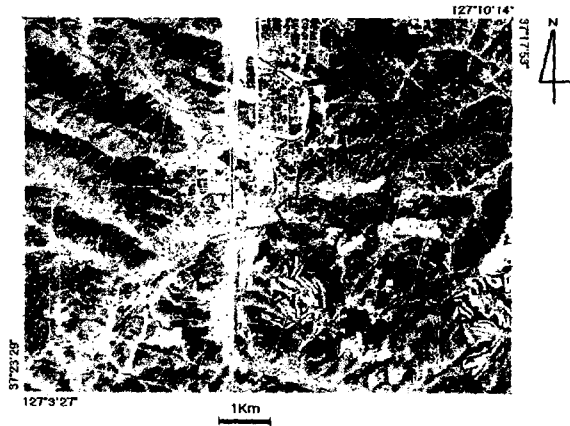


그림 4 위성위성에 의하여 판독된 광역적인 선구조도

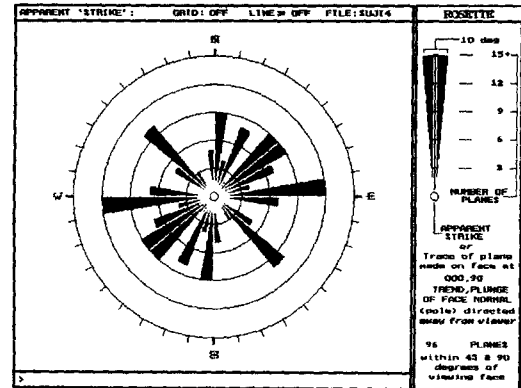


그림 4-1 길이가 1Km 이하로 짧은 선구조의 방향에 대한 Rosette Diagram

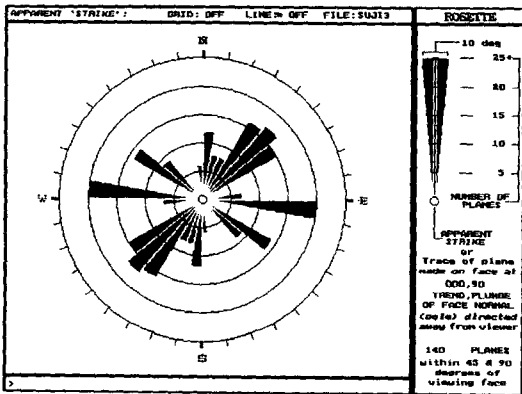


그림 4-2 길이가 1Km 이상으로 긴 선구조의 방향에 대한 Rosette Diagram

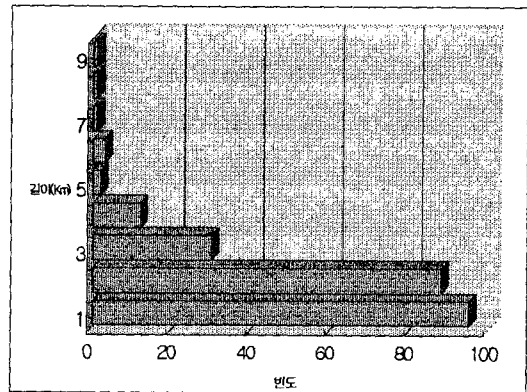


그림 4-3 선구조의 길이에 따른 개수

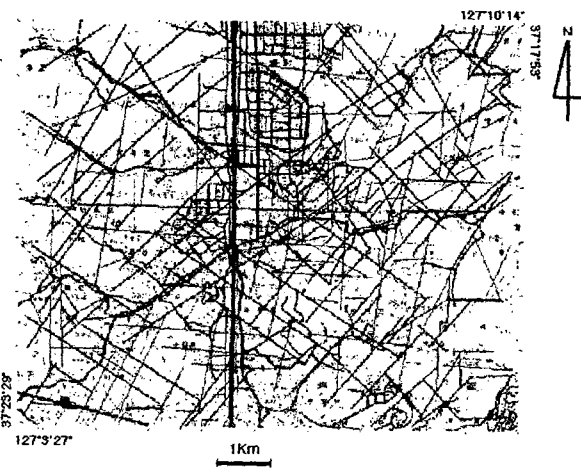


그림 5 지형도상에서의 인공위성 사진분석에 의한 선구조도

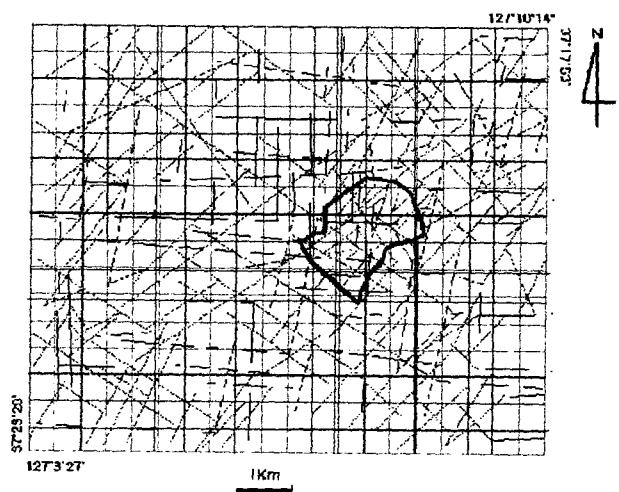


그림 6 인공위성 사진분석에 의한 선구조 해석을 위한 격자망 작성

(2) 선구조 밀도와 빈도 % 등고선도

선구조 밀도(Lineament Density)와 선구조 빈도(Drainage Frequency)는 지반이 파쇄된 정도를 개괄적으로 보여주므로 전반적인 경향을 파악하기 위하여 선구조 밀도와 빈도 % 등고선도를 작성하였다. 선구조 밀도와 빈도 % 등고선도는 선구조의 총연장 길이에 대한 임의 Grid 내에서의 선구조 길이를 백분율(그림 7)과 모든 Grid 내에 존재하는 총 선구조 개수를 구하여 임의 Grid 내에서의 선구조 개수를 백분율(그림 8)로 각각 표시한 후에 등고선도를 작성하였다.

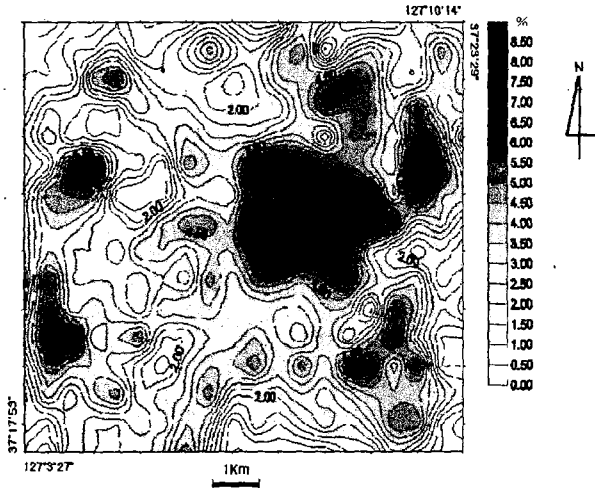


그림 7 인공위성 사진 분석에 의한 선구조 빈도 % 등고선도

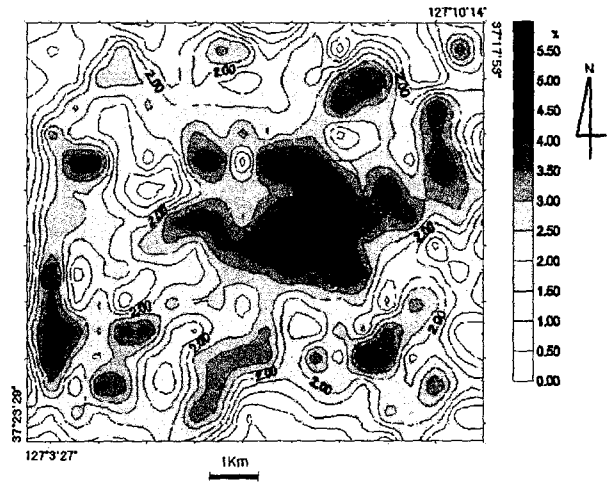


그림 8 인공위성 사진 분석에 의한 선구조 밀도 % 등고선도

2.2 항공사진 분석

광역적인 판독자료인 인공위성

영상과는 달리 국부적인 지역에서 보다 자세한 선구조를 파악하기 위하여 1995년에 촬영한 1:20,000 축척의 항공사진으로 1차로 판독하고(그림 9), 또한 최근인 1998년에 1:2,500 축척으로 정밀 촬영한 항공사진으로 2차 판독한 결과는 지형도 위에 표시되어 있다.(그림 10,11)

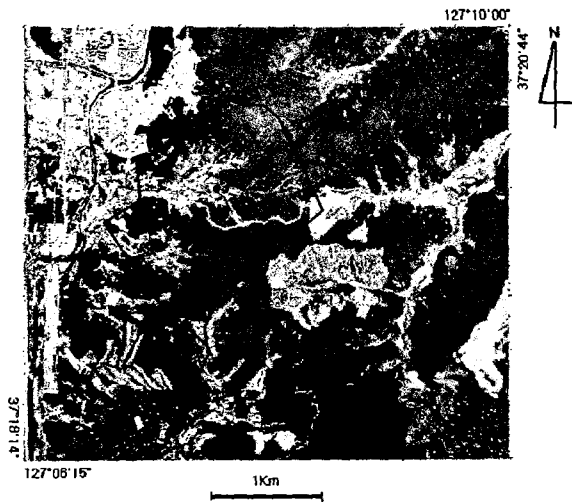


그림 9 항공사진

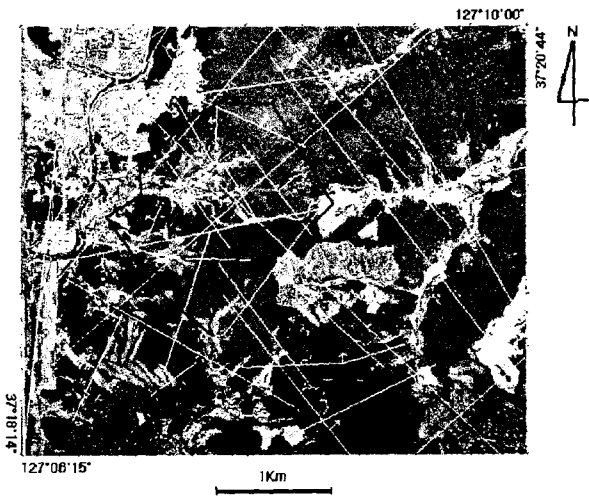


그림 10 항공사진에 의하여 판독된 국지적인 선구조도

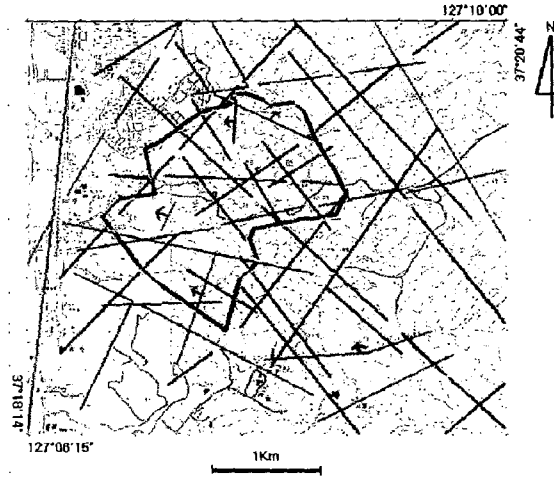


그림 11 지형도상에서의 항공사진 분석에 의한 선구조도

2.2.1 선구조 분석

(1) 처리기법과 활용성

그림 10을 보면 본 정밀 항공사진 판독으로서 선구조의 주향방향 뿐만 아니라 인공위성 사진분석으로서는 파악되기 어려운 선구조의 경사방향까지도 몇 지역에서는 파악할 수 있었으므로 택지개발부지 내에서의 절개공사 및 기초공사에 따른 대규모 단층파쇄대의 영향도 보다 실질적으로 고려될 수 있다. 또한 항공사진판독으로 수계분석을 통하여 지하수의 유동을 판단할 수 있다.

(2) 결과분석 방법 및 해석

① 선구조 방향과 길이

인공위성 영상분석과 동일하게 해당 조사지역의 연장성이 서로 다른 선구조의 방향을 통계 처리하여 Rosette Diagram으로 분석(그림 11-1, 11-2)하여 터널이나 사면의 방향과의 관계를 고려하였으며, 조사지역의 연장성이 서로 다른 선구조의 길이에 따른 개수를 통계 처리하여 Histogram으로 분석하였다.(그림 11-3)

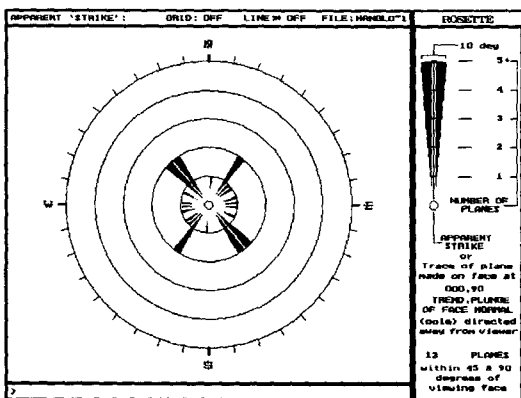


그림 11-1 길이가 1Km 이상으로 긴 선구조의 방향에 대한 Rosette Diagram

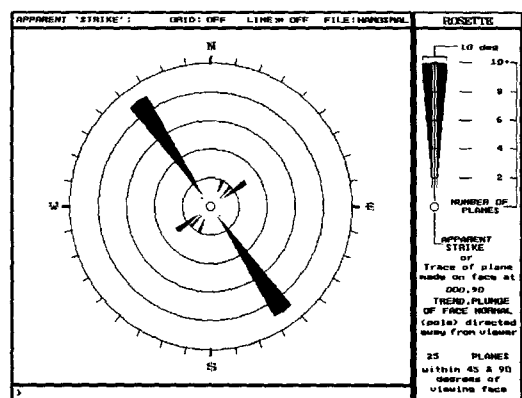


그림 11-2 길이가 1Km 이하로 짧은 선구조의 방향에 대한 Rosette Diagram

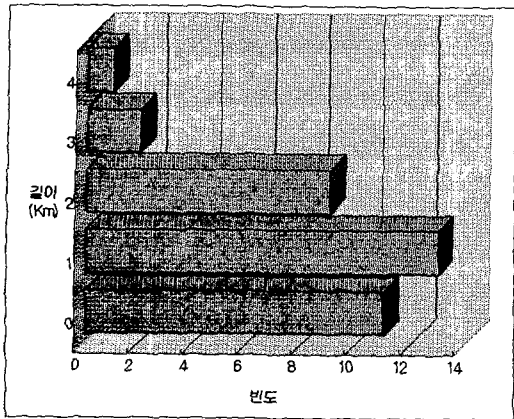


그림 11-3 선구조의 길에 따른 개수

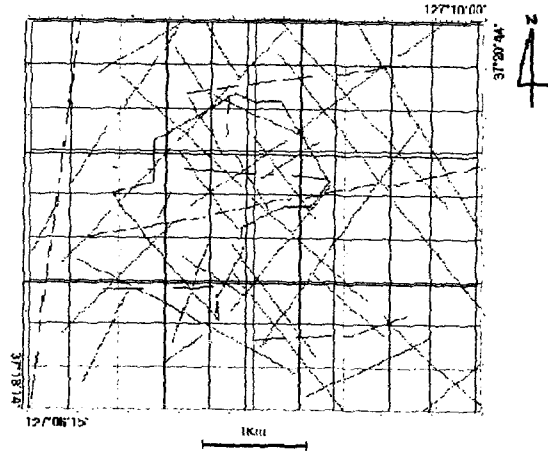


그림 12 항공사진 분석에 의한 선구조 해석을 위한 격자망 작성

② 선구조 밀도와 빈도 % 등고선도

선구조 밀도와 선구조 빈도는 지반이 파쇄된 정도를 개괄적으로 보여주므로 전반적인 경향을 파악하기 위하여 선구조 밀도와 빈도 % 등고선도를 작성하였다. 선구조 밀도분석과 빈도분석을 위해서는 조사지역 인근을 몇 개의 Grid로서 나누는 후에(그림 12), 선구조의 총 연장 길이에 대한 임의 Grid 내에서의 선구조 길이를 백분율(그림 13)과 모든 Grid 내에 존재하는 총 선구조 개수를 구하여 임의 Grid 내에서의 선구조의 개수를 백분율(그림 14)로 각각 표시한 후에 등고선도를 작성하였다.

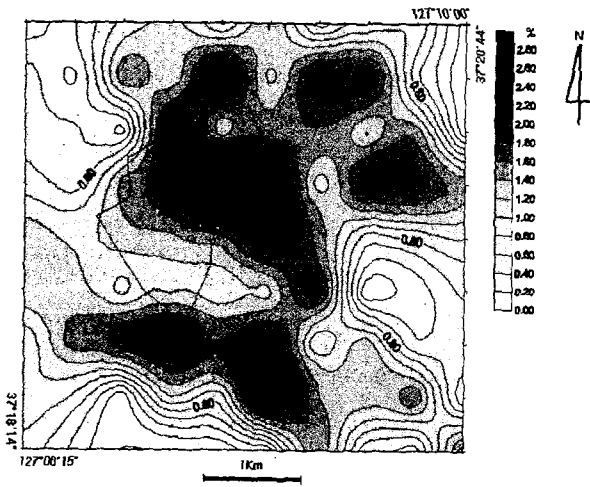


그림 13 항공사진 분석에 의한 선구조 밀도 % 등고선도

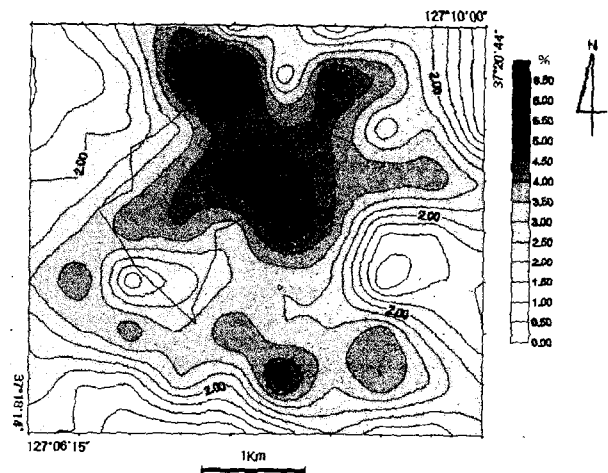


그림 14 항공사진 분석에 의한 선구조빈도 % 등고선도

2.2.2 수계분석

(1) 처리기법과 활용성

항공사진 분석으로서 국지적인 선구조 뿐만 아니라 본 조사지역 주변에서의 수계도(Drainage map)도 작성하였다.(그림 15) 수계도는 항상 물이 흐르는 하천 뿐만 아니라 폭우시만 물이 흐르는 간헐천 등의 위치 및 방향을 나타낸다. 간헐천은 폭우시 급류가 흘러가므로 단지내의 우배수관 계획수립시에 기초자료로서 효율적으로 활용될 수 있다.

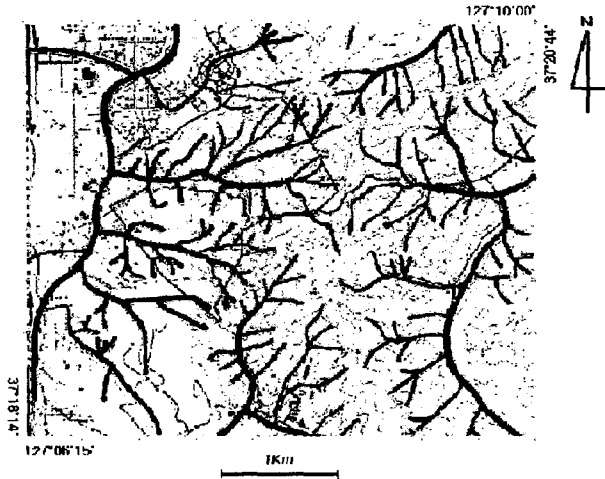


그림 15 지형도상에서의 항공사진 분석에 의한 수계도

(2) 결과 분석 방법 및 해석

① 수계 방향과 길이

항공사진에 의하여 판독된 수계 방향들을 통계 처리하여서 Rosette diagram으로 분석하였으며

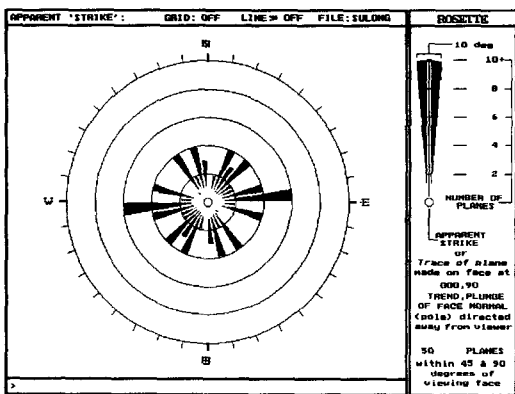


그림 15-1 길이가 1Km 이상으로 긴 선구조의 방향에 대한 Rosette Diagram

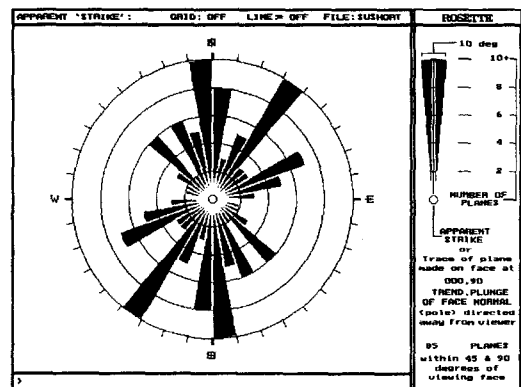


그림 15-2 길이가 1Km 이하로 짧은 선구조의 방향에 대한 Rosette Diagram

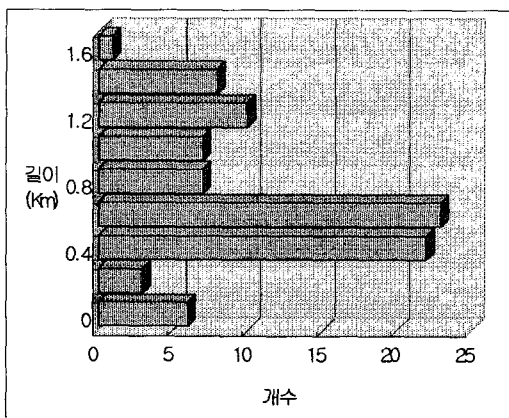


그림 15-3 수계의 길이에 따른 개수

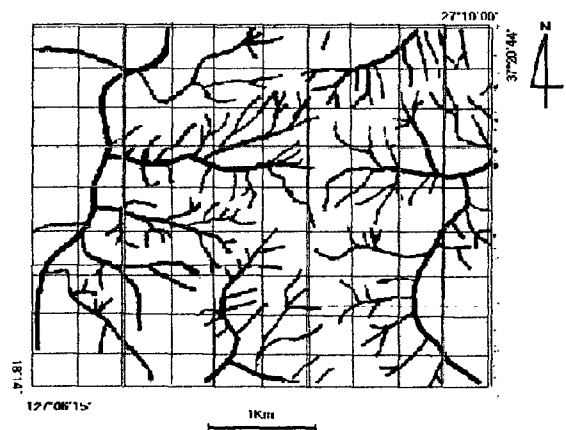


그림 16 항공사진 분석에 의한 수계도 해석을 위한 격자망 작성

(그림 15-1, 15-2) 조사지역의 연장성이 서로 다른 선구조의 길이에 따른 개수를 통계 처리하여 Histogram으로 분석하였다.(그림 15-3) 본 조사지역에 대하여 선구조의 방향과 수계의 방향이 서로 일치하는 것으로 보아 본 지역의 수계는 지질구조의 영향을 받은 것으로 판단된다.

② 수계 밀도와 빈도 % 등고선도

본 지역의 지반에서의 수계 특성을 지반공학적으로 활용하기 위하여 수계 밀도와 수계 빈도 % 등고선도를 작성하였다. 이를 위하여 조사지역 인근을 약 500m 간격의 격자망으로 나눈 후에 (그림 16) 임의의 한개 격자내에서의 넓이에 대한 전체 수로길이의 합계 비율을 나타내는 수계 밀도(Drainage density)(그림 17)과 임의의 격자망 내에서의 넓이에 대한 전체 수로 발달빈도의 합계 비율을 나타내는 수계 빈도(Drainage frequency)(그림 18)를 백분율로 각각 표시한 후에 집중도를 등고선으로 표시하였다.

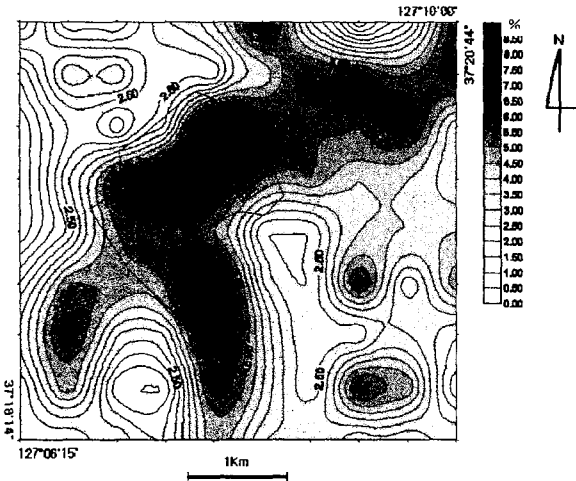


그림 17 항공사진 분석에 의한 수계빈도 % 등고선도

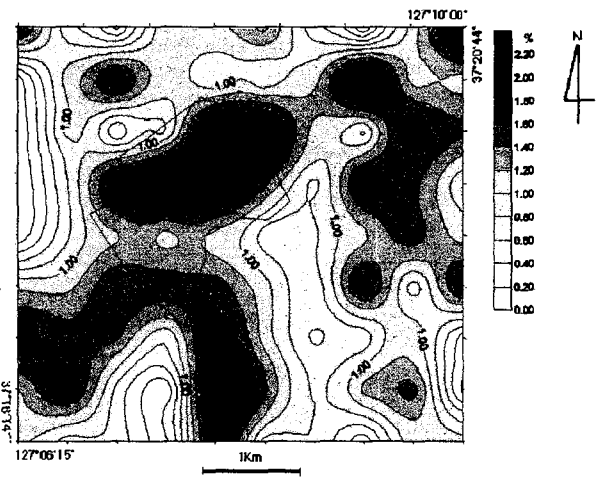


그림 18 항공사진 분석에 의한 수계밀도 % 등고선도

3. 결 론

기존의 영상분석에서는 선구조에 대한 분석은 단지 지형학적, 지질학적 측면에서 나열식의 기초적인 자료만 제공하였다. 그러므로 본 연구에서는 선구조의 길이와 방향, 빈도 등을 종합분석 함으로서 토목 공사의 설계시에 보다 활용성이 높은 지반공학적인 자료를 제공할 수 있다.

참고문헌

1. “서울의 지반정보 관리시스템(Geo-Seoul)”, 서울시 기술심사담당관실, 1999