

안동지역의 암종별 선구조선과 불연속면의 방위특성

김교원¹⁾ 임명혁^{*2)}

¹⁾경북대학교 지질학과, ²⁾경창엔지니어링(주)

Orientations of Tecto-lineaments and Discontinuities for Different Rock Types in Andong Area

Gyo-Won Kim¹⁾ · Myeong-Hyeok Ihm^{*2)}

¹⁾Department of Geology, Kyungpook National University

²⁾Kyeongchang Engineering Co.

현장 지표지질조사 수행 전에 지질구조를 사전 파악하기 위해 일반적으로 항공사진과 위성영상자료가 이용되는데, 이는 사전 및 시공 중 현장 조사의 효율을 극대화하기 위한 방안이다. 화성암, 퇴적암 및 변성암이 인접하여 노출되는 안동지역의 항공사진에서 추출한 847개 선구조선의 방향성과 현장 지표지질조사에서 측정된 1,940개 불연속면의 방향성을 분석한 결과, 방위는 어느 정도 상관성을 보이나, 선구조선의 방향성은 암반의 종류와 불연속면의 종류에 따라 다른 양상을 나타낸다. 즉, 지표지질조사에서의 불연속면은 항공사진에서 선구조선으로 판독되지 않는 것들도 존재하기 때문에 암반의 종류와 불연속면의 종류별 선구조선의 방향 분석이 요구된다. 따라서 불연속면의 영향을 크게 받는 터널, 사면 등 지반구조물의 합리적인 건설을 위하여서는 항공사진 분석과 동시에 현장 지표지질조사에서 암반의 종류 및 불연속면의 종류에 따른 불연속면의 방향성 측정이 필요하다.

주요어 : 선구조선, 불연속면, 항공사진, 지표지질조사, 장미도

This study was carried out to understand the relationship between orientation of tecto-lineaments obtained from aero-photograph and orientation of discontinuities measured at field for the rock types of igneous, sedimentary and metamorphic rocks in Andong area. Total 847 tecto-lineaments were extracted from the aero-photographs and total 1,940 discontinuities including joints, foliations and faults were measured during geologic survey. By using the software DIPS, preferred trends of tecto-lineaments were deduced as N30E-N40E for igneous rocks and N50E-N60E for both sedimentary and metamorphic rocks, while the trends of discontinuities were found as N40E-N50E for igneous rocks, N50E-N80E for sedimentary rocks and N50E-N60E for metamorphic rocks.

Even though both orientations for a given rock type showed relatively good agreement in its trend, some discrepancy is also appeared. Since construction safety of geo-structures such as tunnel and slope, etc., is significantly affected by the orientation of discontinuities in rock masses, it is highly recommended to perform a detailed geologic survey as well as an aero-photograph interpretation at a design stage.

Key Words : Tecto-lineament, Discontinuity, Aero-photograph, Geologic survey, Rose diagram

* Corresponding author : mhihm61@hanmail.net

서 론

현장지표지질조사 시 조사대상지역에 발달하는 지질과 지질구조를 사전에 파악하기 위해 주로 항공사진과 위성영상자료가 이용된다. 항공사진 판독에 의해 단층, 절리에 의한 선구조선(tectono-lineament)의 광역적인 분포와 주요한 지층의 경계선 등을 분석할 수 있는데, 이런 선구조선의 특성은 일반 지질연구, 광물탐사 연구 또는 대단위 시설물의 부지선정, 자연재해 예측과 관련된 자료의 해석 및 분석단계에서 중요한 역할을 한다(Lee and Chi, 1995). 뿐만 아니라 최근에는 설계단계에서의 도로사면이나 터널의 안정성 분석에서도 항공사진 선구조선 분석 결과가 널리 이용되고 있다. 이는 접근이 어렵거나 지반조사가 불가능한 지역에 대한 지질학적인 자료를 얻을 수 있고 광역지질조사의 신속성, 경제성 및 정확성을 증가시키는 장점을 가지고 있다. 물론 항공사진 판독이 지표지질조사 이전에 많은 지질학적인 자료를 제공하나, 항공사진을 이용하여 추출된 선구조선과 실제 지질조사를 통하여 조사된 선구조선은 차이를 보이고 있으며(Siegal & Abrams, 1976), 이는 항공사진을 이용한 실제 지표지질조사 시 항공사진 판독에 있어서 보이지 않는 단층, 절리 등 불연속면들이 존재하고 있기 때문이다.

장태우 등(2003)은 위성영상, 항공사진 등의 자료를 이용하여 광역적인 우리나라 단열구조의 특성에 대하여 연구한 결과, 북북동, 북서, 서북서의 세 조의 우세 배향을 보여준다고 보고하고, 지질별로는 조선누층군, 평안누층군, 대동누층군, 경상누층군 등 비변성 퇴적암 지역이 선캠브리아 기반암과 유라기 화강암 분포지역에 비해 단열 발달 밀도가 높다고 하였다. 백용(2001) 등은 지질구조와 사면안정성과의 상관성 연구를 통하여 지질구조선 즉 불연속면이 사면안정성에 큰 영향을 주고 있음을 확인하였다.

본 연구에서는 대표지역에 대한 항공사진판독 및 지질도 분석을 통한 선구조선분석과 현장지표지질조사를 실시하여 불연속면(discontinuities)에 대한 지질학적, 공학적 기초자료를 조사, 수집하고 이러한 자료를 토대로 하여 프로그램(DIPS)을 통한 방향성 분석을 실시하였다. 이러한 결과를 통해 항공사진 이용의 신뢰성 검토를 위한 현장지표지질조사 결과와 항공사진 선구조선분석 결과를 비교하였다.

항공사진 선구조선의 방향성 분석

연구 지역은 한반도 남동부의 경상북도 안동지역을 선정하였는데, 이 지역에는 선캠브리아기 변성암류, 중생대 전중기의 화성암류와 백악기 퇴적암류가 분포하고 있어 암종별 특성파악이 용이할 것으로 판단하였다. 변성암류는 주로 다양한 편암류와 편암류로 구성되어 있으며, 퇴적암류는 세일, 사암 및 역암으로 구성되고 화성암은 주로 화강암이 분포한다(이희천, 1986; 김규상, 1988). 낙동강 하천을 중심으로 하여 하천 북부지역으로는 주로 화성암이 분포하지만 일부에서 변성암이 분포하며, 강의 남부지역으로는 주로 퇴적암이 분포하고 있다.

항공사진은 필터와 필름의 종류, 카메라 노출시간, 비행고도, 카메라 렌즈의 초점거리 등의 요소에 의해 순간적으로 촬영된 영상들의 집합이다. 항공사진은 기하학적으로 촬영시의 각도에 따라 수직(연직)사진과 경사사진으로 구분된다. 수직사진은 카메라의 축이 지표면과 수직을 이룰 때 찍은 사진으로 지질 분석용으로 사용되며 모든 기기들도 수직사진 응용을 위해서 설계되어 있다. 경사사진은 고의적으로 수직축에서 20°이상 경사를 두고 촬영한 것으로 주로 어느 특정 지역에 있어서 지형학적인 특성을 관찰할 목적으로 사용된다.

항공사진은 항공기의 광학 카메라에 의한 흑백사진으로 지표면에 수직으로 향하는 카메라로 촬영된 수직사진(Vertical photograph)이 대부분이다. 이렇게 촬영된 영상자료를 반사식 거울 입체경을 이용하여 직접 그 영상을 확인하여 총 847개의 선구조선을 추출하였으며, 이에 대하여 암종별 선구조선의 방향성 분석을 실시하였다(Fig. 1). 항공사진 암종별 선구조선분석결과는 화성암 N30E~N40E, 퇴적암 N50E~N60E, 변성암 N50E~N60E 방향으로 가장 우세하게 나타났다(Fig. 2).

암반별 불연속면의 방위분석

불연속면은 암석이 구조적으로 불연속적이고 또는 비교적 낮은 인장강도를 갖는 암반내의 균열 또는 연약면이다. 불연속면은 집합적인 용어로 절리, 열개, 단층, 전단면, 벽개, 편리, 층리면, 그 밖의 연약면을 포함한다. 불연속면은 대부분 암반의 공학적인 거동을 좌우하므로 세심하고 정확하게 기재하는 것이 중요하다.

불연속면의 조사목적은 지질학적 구조조사, 암반분류, 암반변형 및 안정성, 유체유동, 암발파 및 절단, 지보설계의 수치적-해석적 모델링 입력자료 제공 등에 있다. 건설공사에서는 불연속면이 암반 거동에 미치는 영향을 이해하고, 또 이를 설계 및 시공목적에 적용시키기 위해

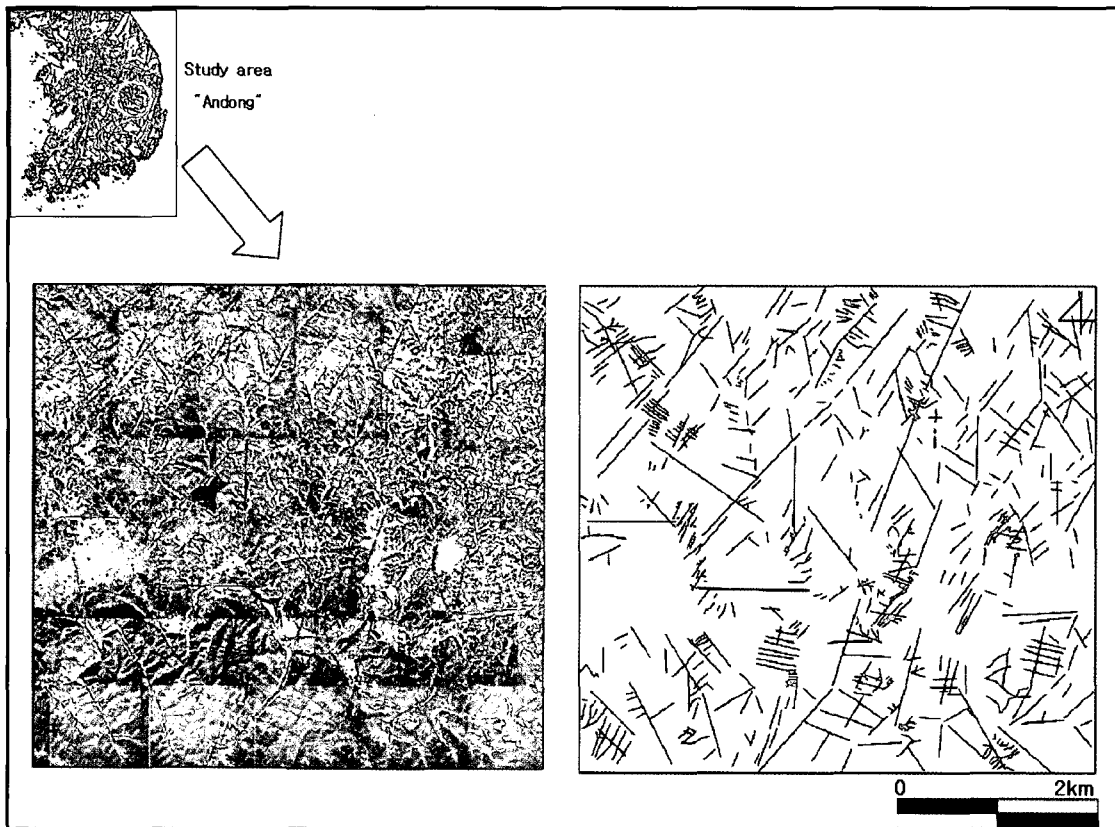


Fig. 1. Aero-photograph and deduced tecto-lineament of the study area of Andong.

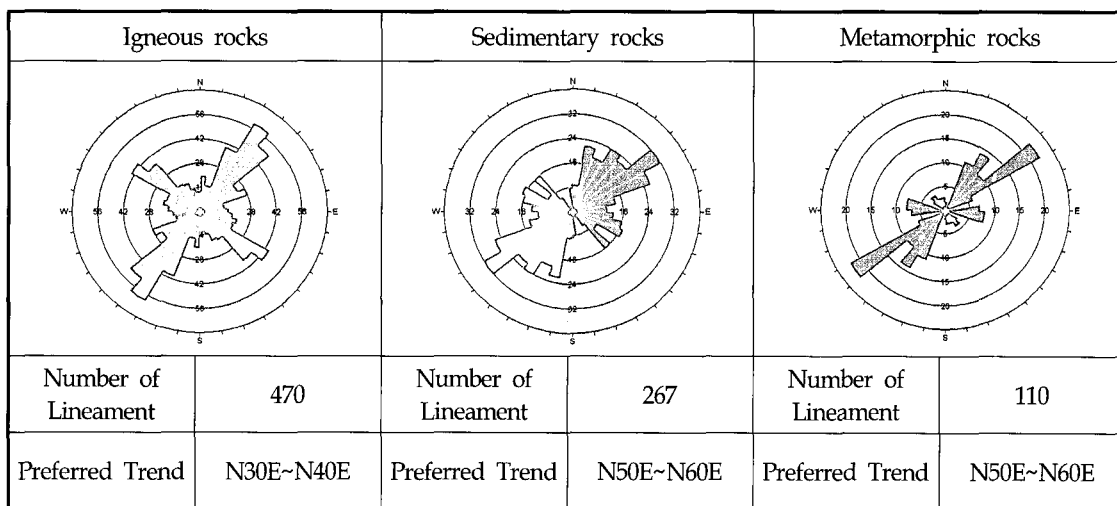


Fig. 2. Rose diagrams for tecto-lineament obtained from aero-photographs.

서 조사가 수행된다. 그러나 전술한 바와 같이 조사결과
의 개인적 오차가 많아서 설계 및 시공 시 많은 문제가 대
두되었으며 그에 따라 조사방법의 표준화가 요구되었다.

노두면에서 불연속면 조사를 실시하기 전에 대상 지
역의 암종 및 주요 지질구조를 나타내는 지질도가 작성
되어야 한다. 가장 효과적이고, 정확한 불연속면 조사 방
법을 고안하는 것은 그 지역 지질조건에 대한 충분한 정
보가 취득된 후에야 가능하다. 암반에 건설되는 지하공
간의 안정에 큰 영향을 미치는 절리 등의 불연속면의 특
성을 국제암반역학위원회(International Society for
Rock Mechanics)가 제안한 불연속면의 정량적 기재법
에 의거하여 조사하였다.

이러한 조사방법의 표준화를 통하여 복잡하게 발달

하는 불연속면의 특성을 정량화하고 객관화 할 수 있을
것이다. 연구지역인 안동도폭에서는 퇴적암, 화성암 및
변성암이 동시에 노출되고 있으며, 현장조사에서 단층,
절리, 층리, 엽리 등 1,940개의 불연속면을 조사 측정하
였다. Fig. 3은 지질도 상에 전술한 항공사진 판독의 선
구조선을 나타낸 후 현장 측정된 불연속면의 방향성을
암종 별로 장미도로 정리한 것이다. Fig. 4는 현장조사
루트 상의 각 노두 지점별로 불연속면의 방향성을 지형
도상에 표시한 것으로 암종 별로 색깔을 구분하였다. 불
연속면 측정 결과를 종합하면 Fig. 5에 표시한 바와 같이
화성암 지역은 N40E~N50E, 퇴적암 N50E~N80E, 변성
암 N50E~N60E의 주 방향성을 나타내었다.

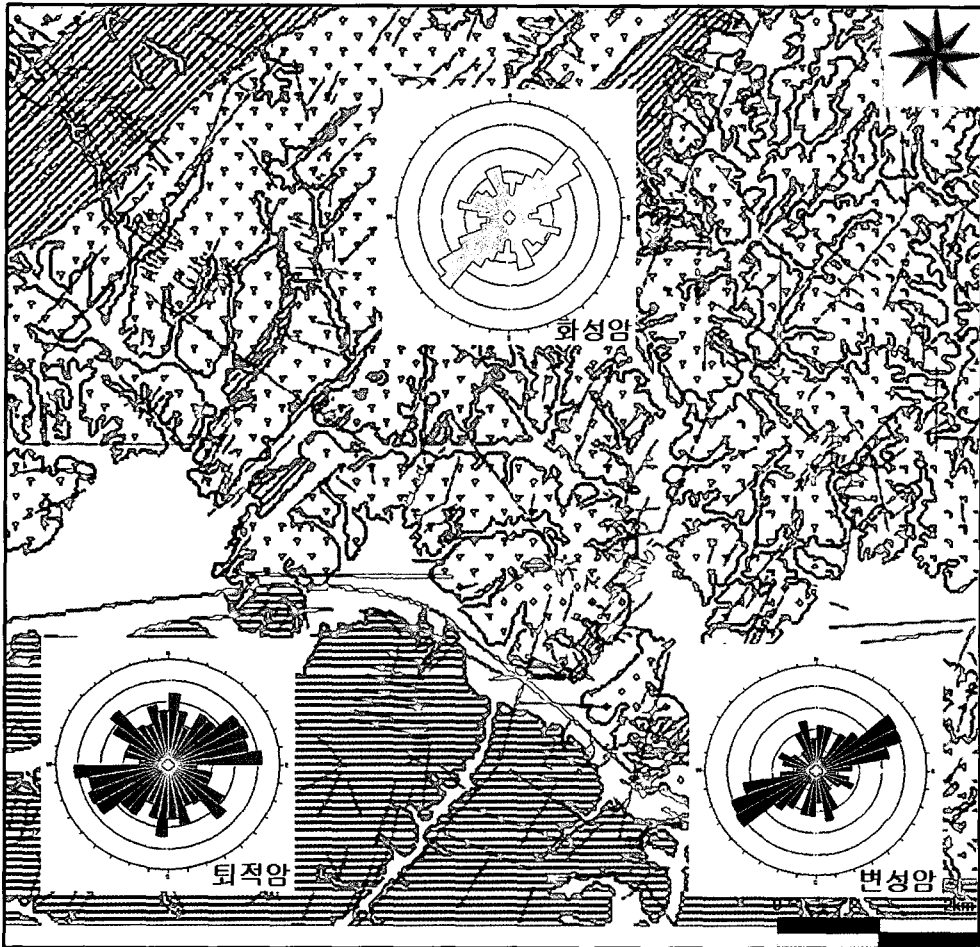


Fig. 3. Rose diagrams for discontinuities obtained from field survey on the geologic map of the study area. The red lines are the tecto-lineaments shown in Fig. 1.

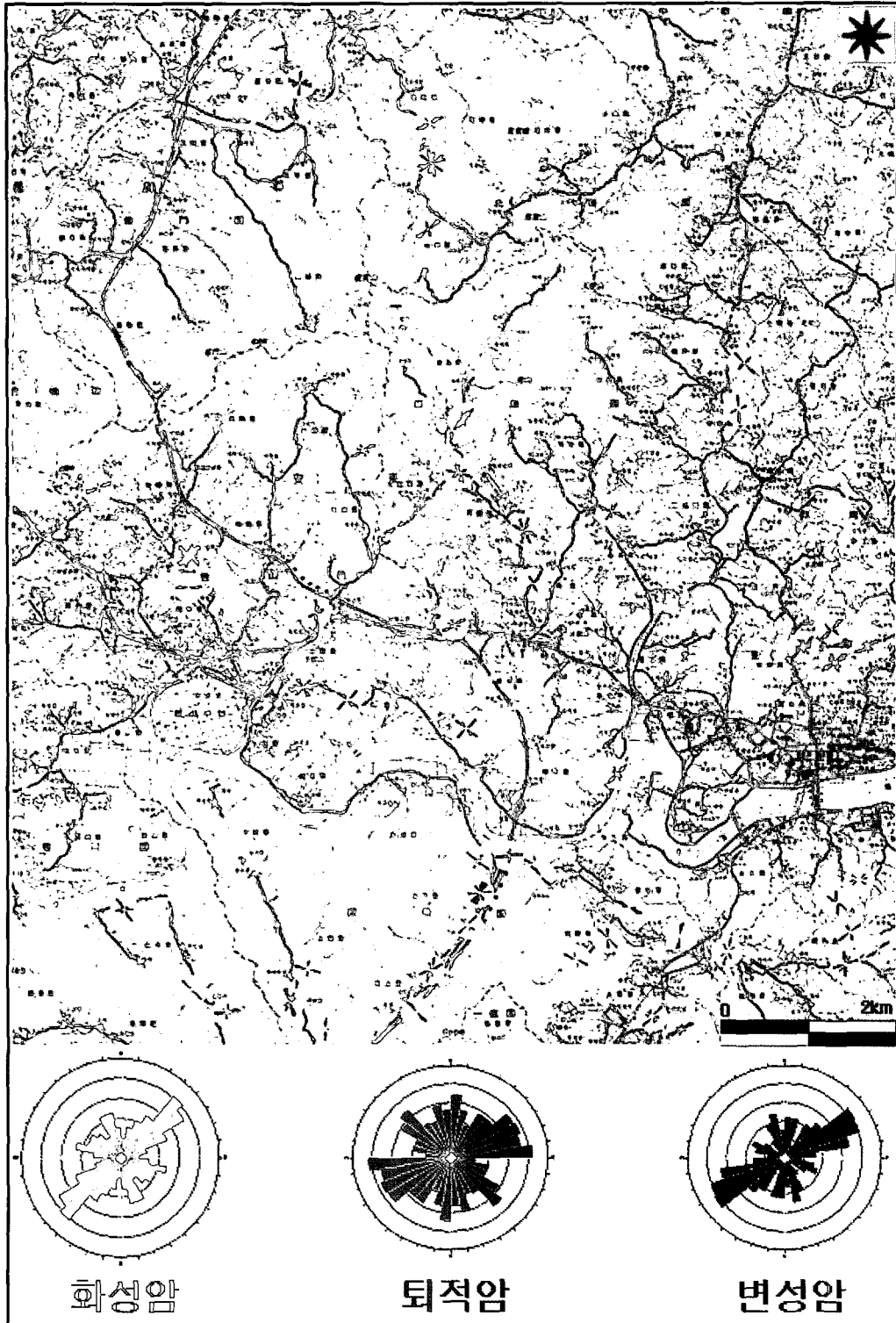


Fig. 4. Orientation of discontinuities for each rock type along the route of geologic survey.

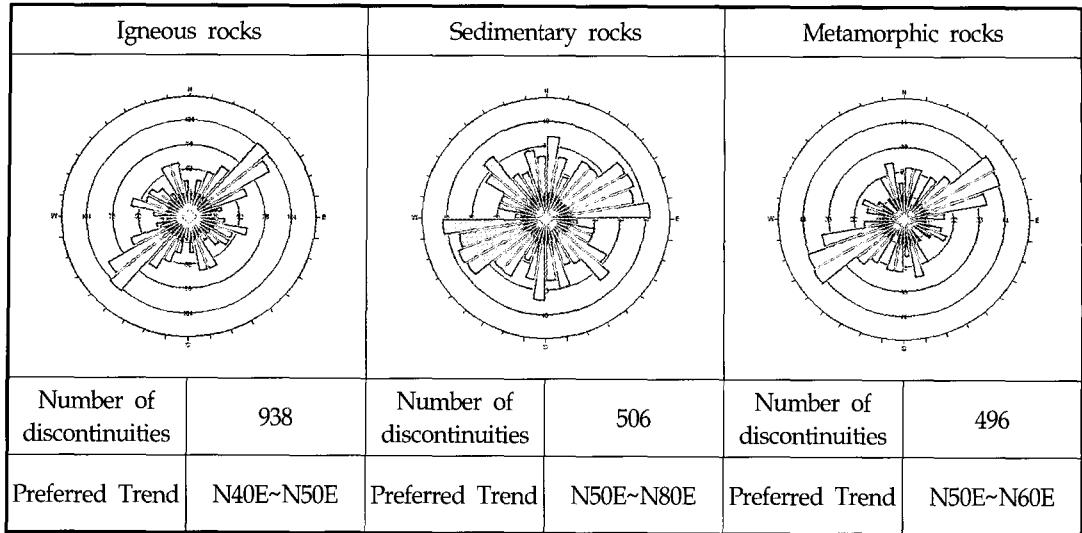


Fig. 5. Rose diagrams of discontinuities obtained from geologic survey for the area of igneous rocks, sedimentary rocks and metamorphic rocks.

해석 및 고찰

항공사진에서 추출한 선구조선 847개와 지표지질조사를 통한 노두 지점별 불연속면의 방향성 자료 1,940개를 암종별 Rose diagram으로 나타내어 비교해 본 결과, 화성암지역에서는 항공사진 선구조선은 N30E~N40E가 우세하고 지표지질조사 불연속면은 N40E~N50E가 우세하였고, 퇴적암은 선구조선 N50E~N60E와 불연속면 N50E~N80E의 방향성을 보였다. 하지만 두 번째 우세 방향에서는 상관성이 낮은 것으로 나타나서 지표지질조사 시 측정된 불연속면은 항공사진에서 보이지 않은 작은 규모의 불연속면들이 많이 존재하고 있다는 사실을 알 수 있었다. 그리고 변성암은 선구조선 N50E~N60E와 불연속면 N50E~N60E의 방향으로 상관성이 매우 높다고 할 수 있다. 이를 종합하면 암종 별 항공사진 선구조선과 지표지질조사 불연속면의 방향성이 퇴적암을 제외한 나머지 화성암, 변성암에서는 상호 관련이 많은 것으로 나타났다(Fig. 6).

결론

항공사진 판독의 선구조선 방향과 지표지질조사를

통한 불연속면 방향을 비교 분석한 결과 양자 간에 어느 정도의 상관성을 나타내고 있었으나, 항공사진의 선구조선은 지표면에서 노출되는 작은 규모의 불연속면을 충분히 반영하지 못하여 방향성이 상호 불일치한 경우가 있다. 항공사진을 이용한 선구조선 연구는 광역적인 지질구조 및 지표지질 연구에 매우 효과적으로 사용될 수는 있으나, 항공사진 판독에 의해서 추출된 선구조선에만 의거하여 지반구조물을 설계하는 것은 현장의 불연속면의 특성을 고려하지 못하므로 불합리한 설계를 유도할 수 있다. 터널이나 사면 등 특히 지질구조선 즉 불연속면의 영향을 크게 받는 주요 지반구조물의 안전하고 합리적인 설계를 위하여서는 선구조선 분석과 더불어 현장 지표지질조사에서 측정된 불연속면의 방향성 분석이 이루어져야한다. 지반 구조물 설계과정에서의 시추조사나 물리탐사의 수행과 더불어 체계적인 지질구조분석을 수행하도록 제도적 장치의 도입이 필요한 시점이다.

사사

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2005년도 건설핵심기술연구개발사업 (과제번호 : C104A1010001-04A0201-00130)의 일환으로 수행되었습니다.

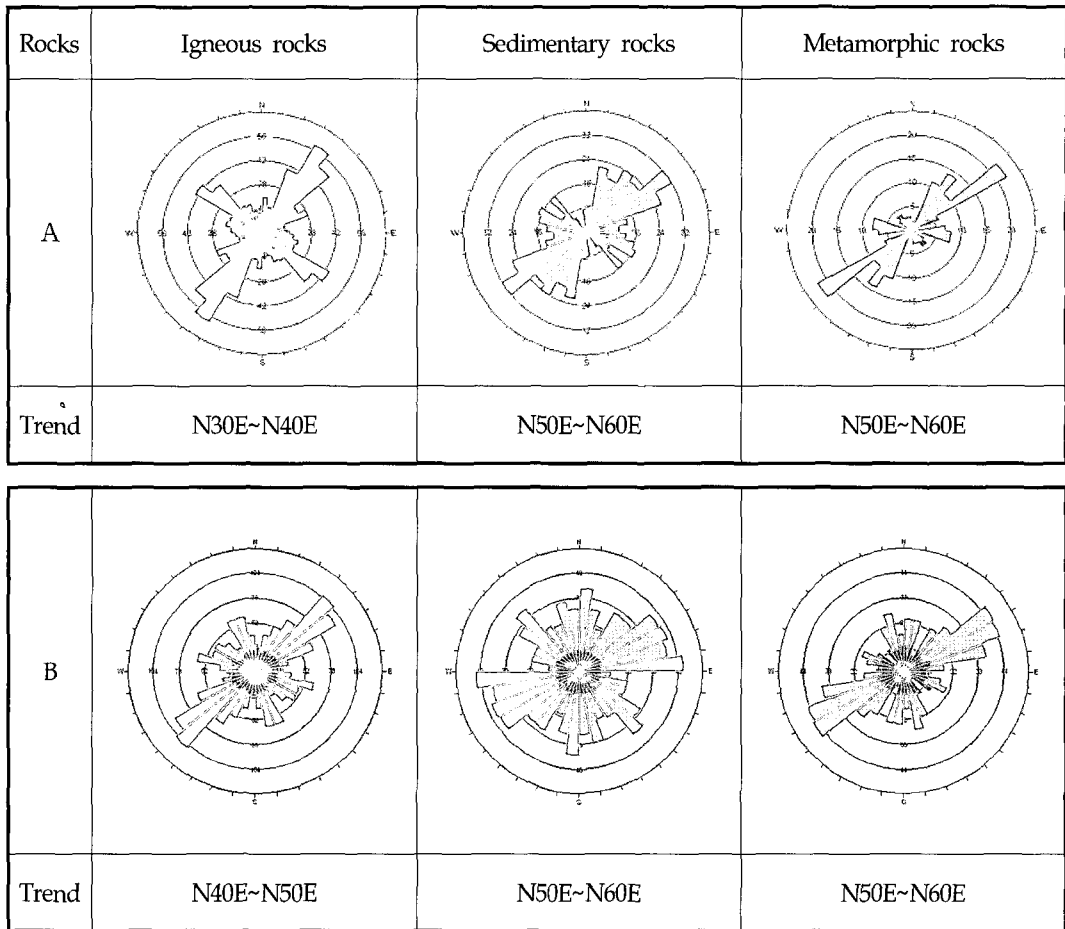


Fig. 6. Comparison of orientations by rose diagrams for the lineaments obtained from aero-photography(A) and geologic survey(B).

참고문헌

김규상, 1988, 영주-안동간의 소위 “원남층군”에 관한 변성암석학적 연구, 고려대학교 이학석사 학위논문, 42.

백용, 구호분, 김승현, 2001, 사면 붕괴와 관련 구조선 분석과 불연속면의 상관성 연구, 지질공학, 11, 3, 303-313.

이희천, 1986, 경북 안동군 일대에 분포하는 변성암류의 변성작용에 관한 연구, 서울대학교 석사 학위논문, 41.

장태우, 김천수, 배대석, 2003, 우리나라 단열구조의 특성, 지질공학, 13, 2, 207-225.

Lee, Kiwon and Chi, Kwang-Hoon, 1995, Spatial Integration of Multiple Data Sets regarding Geological Lineaments using Fuzzy Set Operation, Jour. Korean Soc. Remote Sensing, 11(3): 49-60.

Siegal, B.S and, M. J. Abrams, 1976, Geologic mapping using Landsat data, Photogramm Eng. Remote Sens., 42, 325-337.

투 고 일	2006년	2월	10일
심 사 일	2006년	2월	11일
심사완료일	2006년	3월	15일

김교원
경북대학교 자연과학대학 지질학과
702-701 대구광역시 북구 산격동 1370
Tel : 053-950-5357
Fax : 053-950-5362
E-mail : gyokim@knu.ac.kr

임명혁
경창엔지니어링(주)
700-813 대구광역시 중구 대봉2동 722-15(대흥빌딩 4층)
Tel : 053-428-3137
Fax : 053-428-3275
E-mail : mhihm61@hanmail.net