

심도별 불연속면의 방향성 분포변화에 대한 연구

The study on the differentiation of the discontinuities orientations through the depth

이병주, 선우춘, 신희순
한국지질자원연구원

1. 서론

지각의 변형과정에서 지각의 천부에서와 지각의 심부에서 변형양상의 차이가 있음은 이미 알려진 사실이다. 즉 지표에서 대개 10Km 이하에서는 온도 및 압력의 증가에 의해 연성 변형이 일어나며 그 상부에서는 취성변형이 일어난다 (그림1, Sibson, R. H.,1977). 그러면 지각 천부인 취성변형의 조건 하에서도 지표에서 발달하는 불연속면의 방향성 분포가 지하 심부로 가면서 지하 몇 m부터 불연속면의 변화를 보이는지에 대해 의문이 생긴다. 이에 대한 의문의 해결을 위해 본 연구에서는 지표지질조사를 통해 측정된 불연속면의 자료와 BIPS 및 Televiewer에 의해 측정된 불연속면의 자료들을 두 개 지역에 대해 비교 분석하였다. 첫번째 연구지역은 고생대 평안누층군의 함탄층 및 천운산층이 분포하는 호남탄전 지역의 퇴적암 분포지이며 두번째 지역은 선캄브리아 시대의 경기편마암 복합체 내 편암류가 분포하는 곳이다. 첫번째 지역을 호남탄전지역으로 두번째 지역을 수원지역이라 아래 본 논문에서 기술하기로 한다.

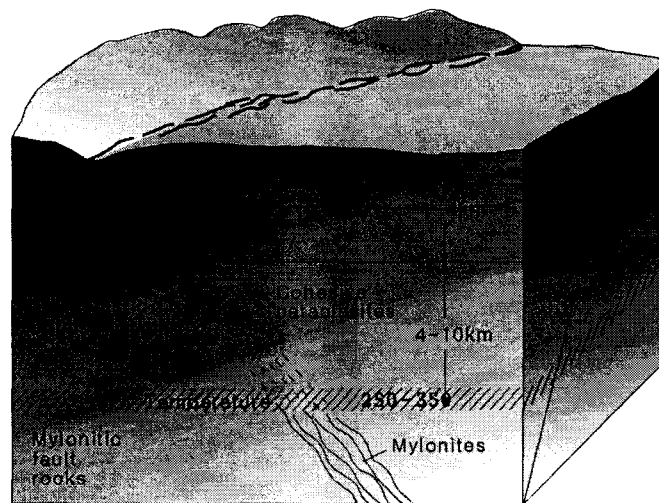


그림 1) 지각의 심도에 따른 변형양상의 특성 (Sibson, R. H., 1977의 그림을 3차원화 함)

2. 지질

2-1. 호남탄전지역의 지질

이 지역의 지질은 한반도의 지질계통(Geologic system)상에서 고생대의 석탄기부터 페름기에 퇴적된 소위 평안층군에 해당하는 함탄층과 천운산층이 분포한다. 이 지역은 호남탄전(또는 화순탄전이라고도 함) 내에 속하는 곳으로 호남탄전의 조사는 이찌무라 다케시(市村毅, 1927)의 시작으로 김남장과 이하영(1962), 이돈영 외(1965) 등의 조사가 있었다.

이 지역은 대한석탄공사 화순광업소에서 함탄층 내의 무연탄을 개발하기 위해 채탄작업이 이루어졌던 곳으로 여러 개의 탐탄 및 운반갱도와 채탄을 위한 연층갱도의 굴착으로 채굴적이 발달하는 곳이다. 따라서 함탄층과 천운산층에 대한 암상별 특징을 기술한다.

함탄층 : 조사지역에서의 함탄층은 건성 중인 터널의 동쪽 즉 화순쪽인 터널종점부의 상부에 분포하며(그림 1), 이 함탄층이 분포하는 곳에서 채탄작업이 이루어졌기 때문에 주로 이 층에서 폐갱도가 발달하고 있다. 본 층은 담회색, 회색 혹은 암회색의 조립 및 극조립 사암과 담회색 내지 회색의 규암 및 석영편암, 암회색 내지 흑색의 세립사암과 흑색의 실트암과 셰일 그리고 무연탄층으로 구성된다. 사암류는 주로 석영과 운모류 그리고 소량의 암편으로 이루어져 있으며, 암회색 내지 흑색을 띠는 사암은 탄질물을 함유하고 있다. 사암들은 저변성 작용을 받아 석영입자들은 주변부가 재결정되었으며, 석영입자들은 엽리면을 따라 신장되어 있다. 조사구간의 지질구조는 함탄층이 층서적 상위 층인 천운산층 상부에 분포하며, 천운산층에 저각의 역단층인 트러스트 단층(Thrust fault)으로 경계로 하여 접하고 있다(그림 1). 본 층의 층리는 경사가 20도 내외로 매우 완경사를 이루고 있으므로 실제적으로 무연탄층은 지표에서 깊지 않은 곳에 분포하고 있다.

천운산층 : 천운산층은 터널 구간 중 터널종점부인 화순쪽 터널 상부지역을 제외하고는 전 터널구간이 본 지층으로 분포한다. 천운산층은 녹색 내지 녹회색 및 적자색의 사암류와 셰일로 구성되어 있다. 본 층은 강원도 삼척탄전의 함백산층과 도사곡층에 해당하며, 화순탄전 조사자들에 따르면 천운산층이 하부에 사암의 함량이 많은 부분과 상부의 실트암 내지 셰일의 함량이 많은 부분으로 나눌 수 있는데, 본 지역에서는 천운산층의 상부에 해당하는 암상이 분포하고 있다.

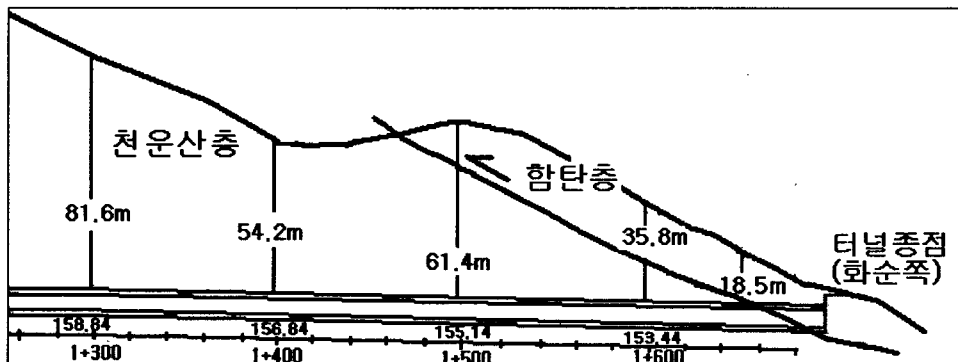


그림 1) 터널종점부 함탄층이 트러스트 단층에 의해 천운산층 상부에 위치

2-2. 수원지역의 지질

연구 지역에 분포하는 지질은 주로 선캠브리아시대의 편암류들이다. 이 편암류는 한반도 서해안 즉 충남 보령시 일대에서 북북동 방향으로 화성군을 거쳐 경기도 안양시 일대까지 분포한다(박노영과 김정환, 1972., 이병주 외, 1993). 물론 이들 편암류는 화강편마암 및 쥬라기의 화강암에 의해 곳곳에서 관입 당하기도 한다. 이 편암류는 백운모편암, 흑운모-견운모편암, 석영-견운모편암, 석영-장석질편암 등으로 이루어져 있으며 규암과 석회암이 협재 함이 특징이다. 본 조사 구역에서도 운모편암 및 석영-견운모 편암이 우세하게 분포하며 간혹 규암을 협재 하기도 한다. 편암류의 엽리는 몇 차례의 중북변형작용에 의해 매우 교란되어 있으며, 습곡 및 드러스트의 발달이 관찰된다. 대부분의 편암류는 퇴적기원의 암석으로, 미약한 변성분화(metamorphic segregation) 작용을 받았지만, 일부 편암류는 화강암질 물질의 유입에 의한 부분적인 호상구조가 나타나기도 한다. 또한 일부 석영-장석질 편암의 경우 화강암질 관입체가 강한 구조적 운동을 받아 형성된 것으로 생각된다. 현재 편암류의 형성시기는 선캠브리아시대 임은 확실하나, 절대년령에 대하여는 잘 규명되어있지 않지만 대부분이 주변의 호상편마암과 점이적인 접촉관계를 보이는 것으로 보아 편마암의 형성과 밀접한 관계를 가지는 것으로 생각된다.

3. 불연속면의 특성

3-1. 지표조사에서의 불연속면

호남탄전 지역 : 터널구간 주변의 단층, 절리 및 층리 등의 불연속면들의 분포상태를 확인하기 위해 터널 동측의 터널종점부(화순방면), 및 터널시점부(동면방면)의 지표에 나타난 노드에서 불연속면들을 측정하였고 이를 분석한 결과는 다음과 같다.

터널 종점부 : 터널 종점부의 터널입구 절토사면에서 측정한 불연속면들은 그림 2에서와 같이 4 내지 5 조의 불연속면 그룹이 형성되고 있음을 볼 수 있다. 절리면들의 방향은 북동, 북서 및 거의 동서방향의 주향들이 우세하며 경사는 70도 이상으로 급경사를 이루고 있다. 반면에 층리는 경사각이 저각으로 완경사를 이루고 있다. 또한 단층들은 거의 동북동 방향 및 동서방향의 단층들이 많이 발달하고 있는 것을 관찰할 수 있다.

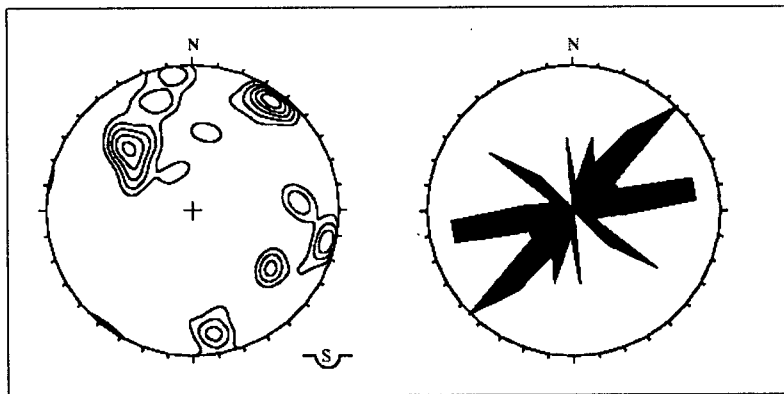


그림 2) 터널 종점부 절토면에 발달하는 불연속면의 분포현황

터널 시점부 : 동면방면 터널 시점부의 터널입구의 절토사면에서 측정한 불연속면들의 분포는 그림 3과 같이 3 조의 불연속면 그룹이 형성되고 있다. 절리면들의 방향은 북동과 남북방향의 주향들이 우세하며 경사는 70도 이상으로 급경사를 이루고 있다. 또한 이 구간의 층리들도 경사각이 저각으로 완경사를 이루며, 단층들은 북동방향의 단층들이 발달하고 있다.

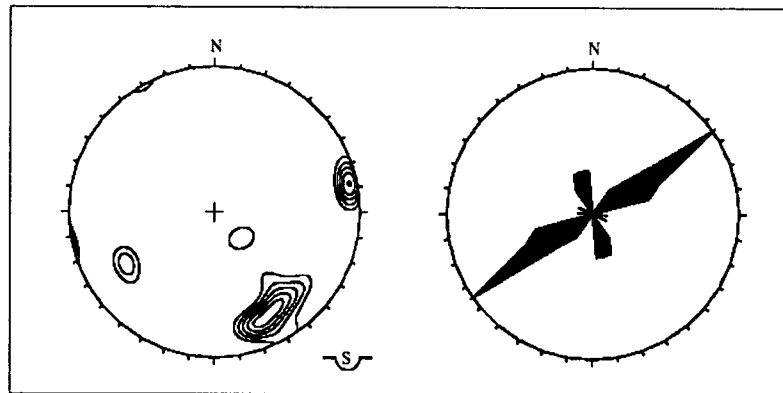


그림 3) 터널 시점부 절토면에 발달하는 불연속면의 분포현황

즉 이 지역에서 터널 종점부와 시점부에서 불연속면의 그룹은 표 1과 같다

표1 터널 종점부와 시점부에서 불연속면의 그룹

	set 1	set 2	set 3
터널 종점부	313/60	170/80	035/86
터널 시점부	155/80	087/88	

수원지역 : 대체로 터널 종점부 절토사면 지역에서 발달하는 불연속면들은 표 2.1.1.a와 2.1.1.b에서 보여주는 바와 같이 3개set의 주요 불연속면군과 기타 4 set의 불연속면군이 발달하고 있다. 전체적으로 불연속면의 주향이 사면과 사교(50~60°와 20~30°)하는 불연속면이 가장 두드러지게 발달하고 있고 사면의 안정성과 문제가 되는 사면과 평행한 불연속면들도 분포하고 있다(그림 4). 가장 현저하게 발달하고 있는 3개 set의 불연속면들의 방향성을 살펴보면 첫번째 불연속면군은 경사방향/경사가 299°/57°로 북동방향의 주향에 남동쪽으로 경사지며, 두 번째 불연속면군은 292°/85°로 대략 북동 방향의 주향을 가지고 수직에 가까운 경사를 보이며, 세 번째 불연속면군은 078°/33°으로써 북북서방향의 주향을 가지며 경사가 33°정도으로써 동쪽으로 경사지기 때문에 사면조사 지역에서 안정성면에서 사면에 가장 불리하게 작용하는 불연속면 그룹이다.

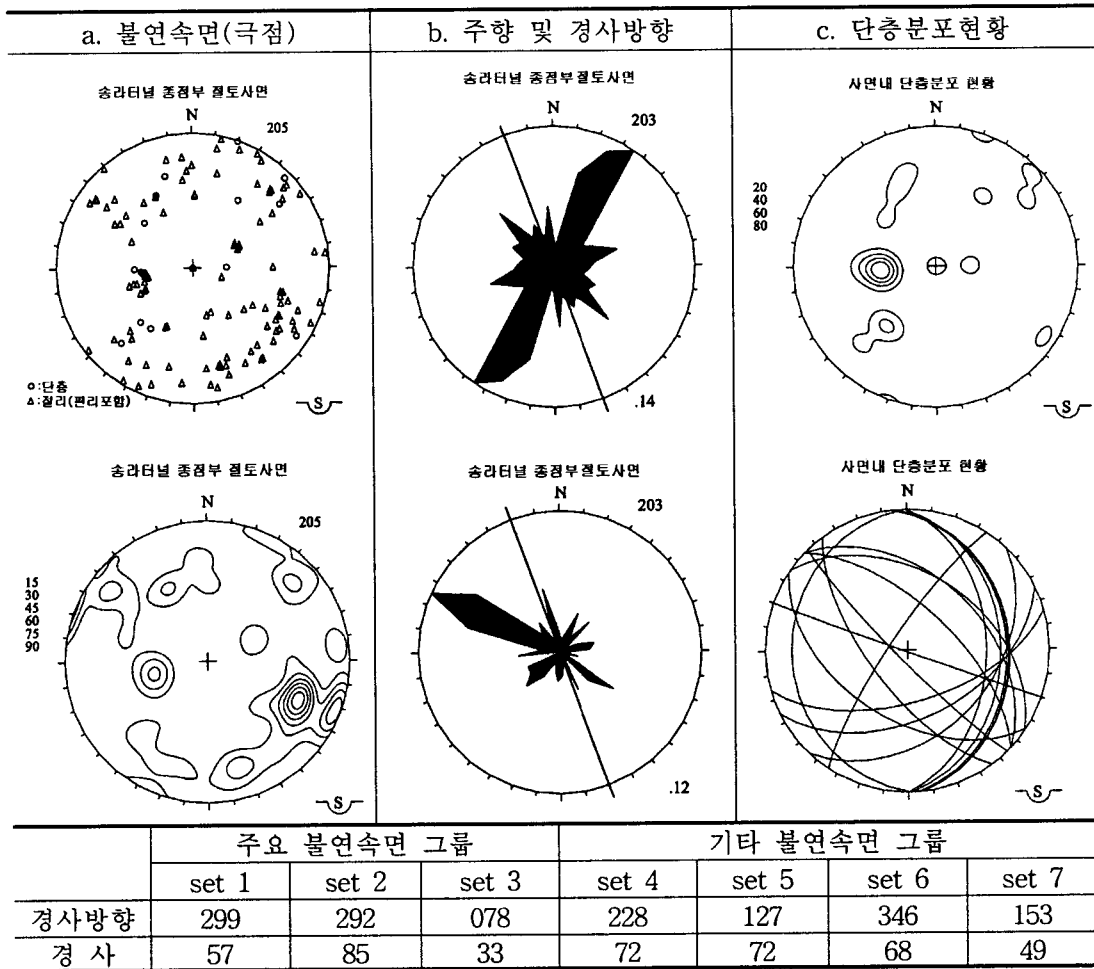


그림 4) 터널 중점부 절토사면 내의 주요 불연속면의 방향성

3-2. Televierer 및 BIPS에서의 불연속면

호남탄전 지역 :이 지역은 3개의 시추공인 B-1 (시추 심도 66m), B-2 (시추 심도 59m), B-3 (시추 심도 55m)에서 Televierer 탐사를 실시하여 불연속면의 발달 상태를 파악하였다. Televierer 탐사에서 나타난 clear fracture, normal fracture 및 acceptable fracture 중에서 clear fracture 만을 선택하여 각 시추공 마다 시추공의 Casing 하부에서 전체 불연속면과 10m 마다의 불연속면에 대한 극점을 등면적망 하반구에 점기한 Contour diagram과 주향들의 방향성을 파악하기 위해 Rose diagram을 그렸다 (그림 5, 6, 7)

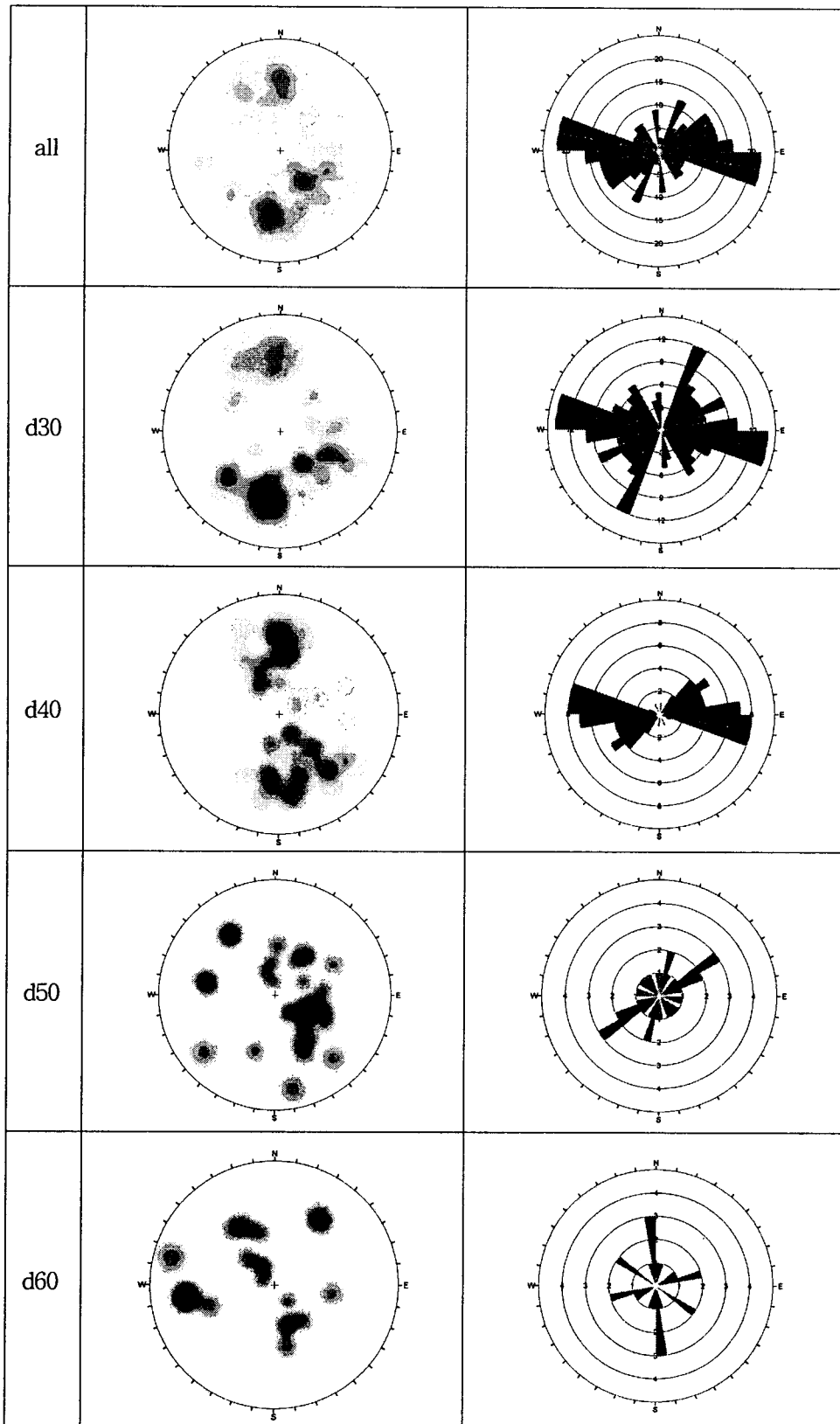


그림 5) B-1 시추공의 Televierer 탐사에서 나타난 심도별 불연속면의 방향성

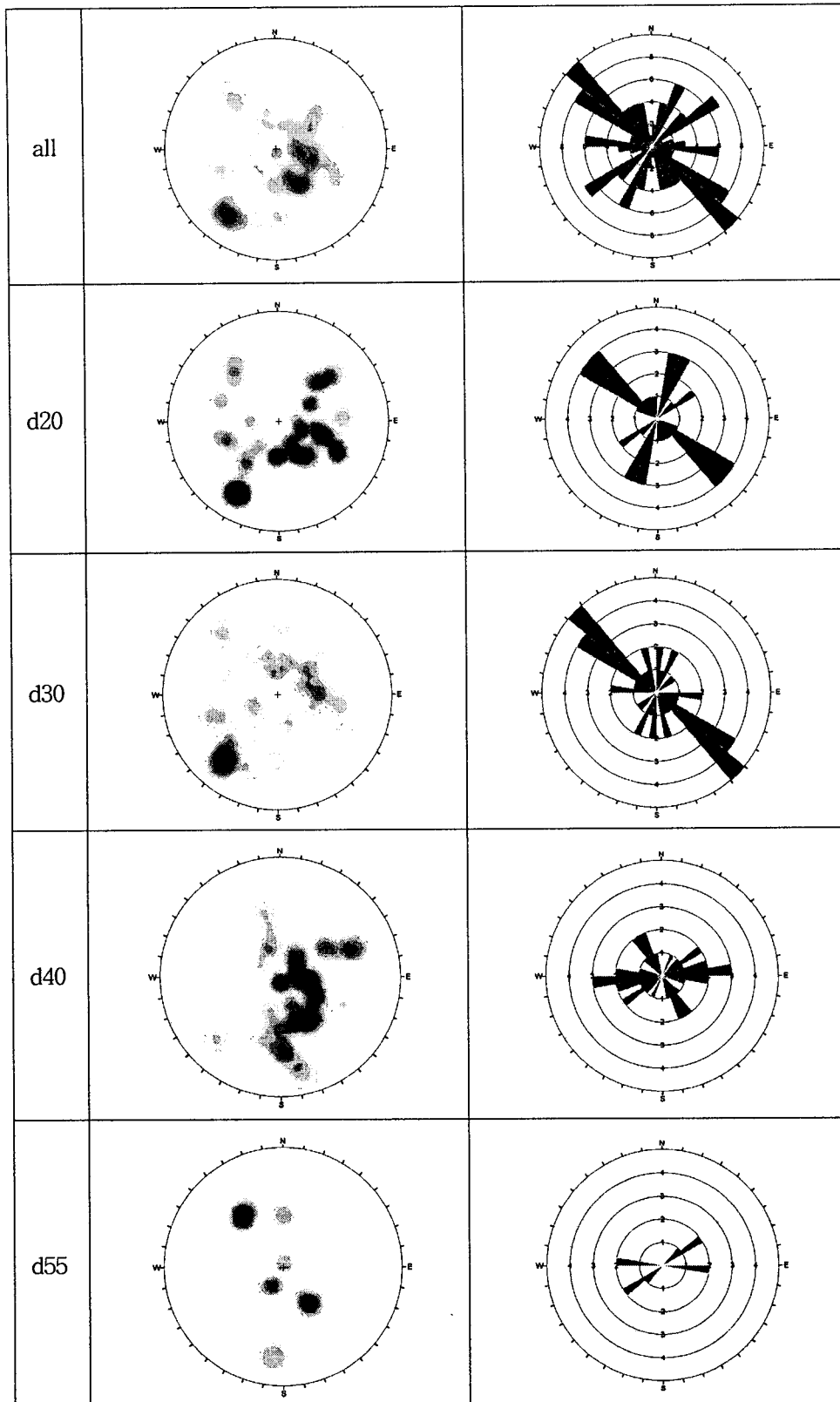


그림 6) B-2 시추공의 Televiwer 탐사에서 나타난 심도별 불연속면의 방향성

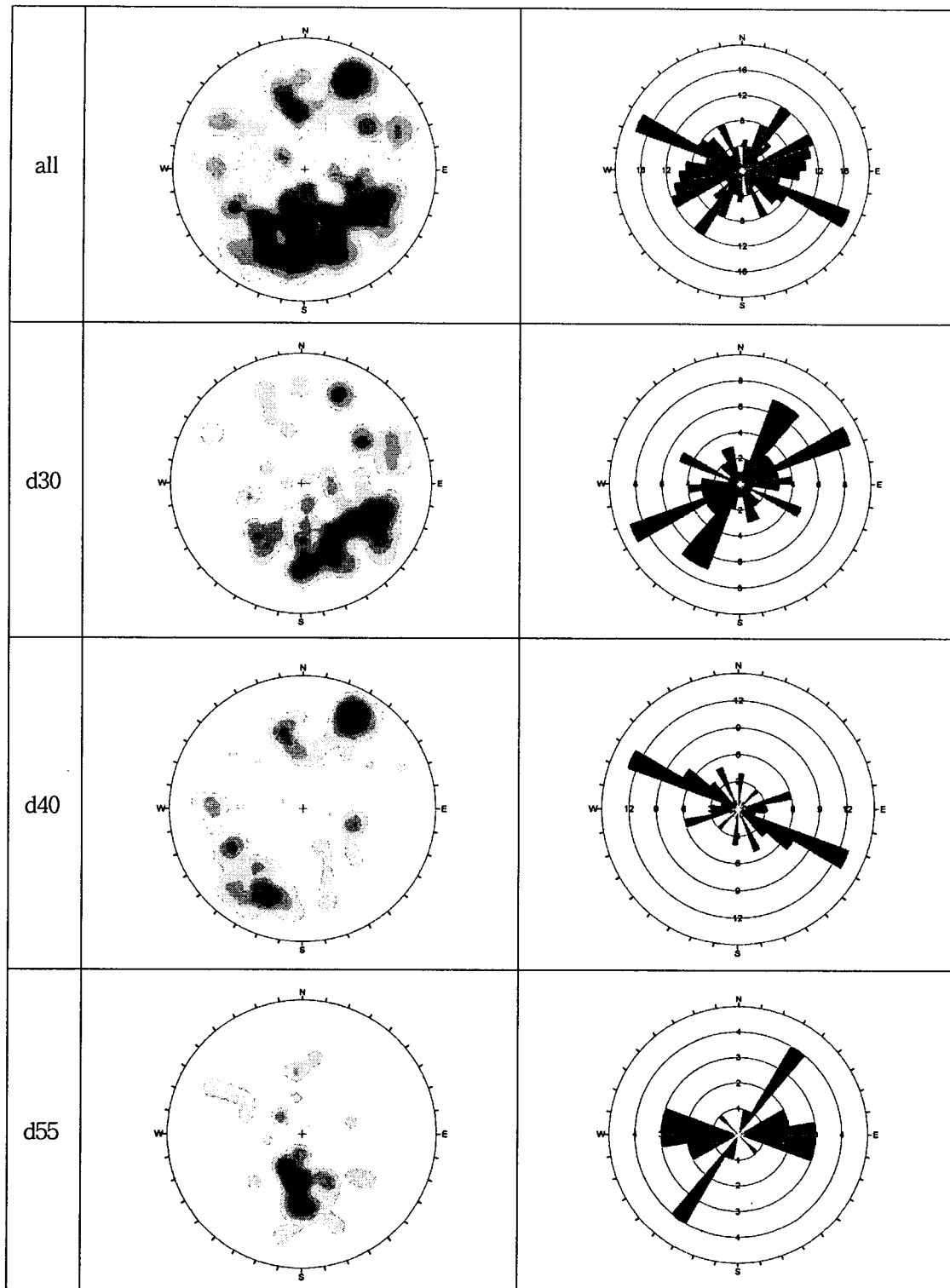


그림 7) B-3 시추공의 Televiever 탐사에서 나타난 심도별 불연속면의 방향성

수원지역 : 이 지역은 29.4m를 시추한 BH-2 시추공에서 BIPS 촬영 사진을 이용하여 그 지점에서 불연속면의 수직적 변화를 보기 위해 전체 불연속면과 심도 10m마다의 불연속면에

대한 극점을 등면적망 하반구에 점기한 Contour diagram과 주향들의 방향성을 파악하기 위해 Rose diagram을 그렸다 (그림 8)

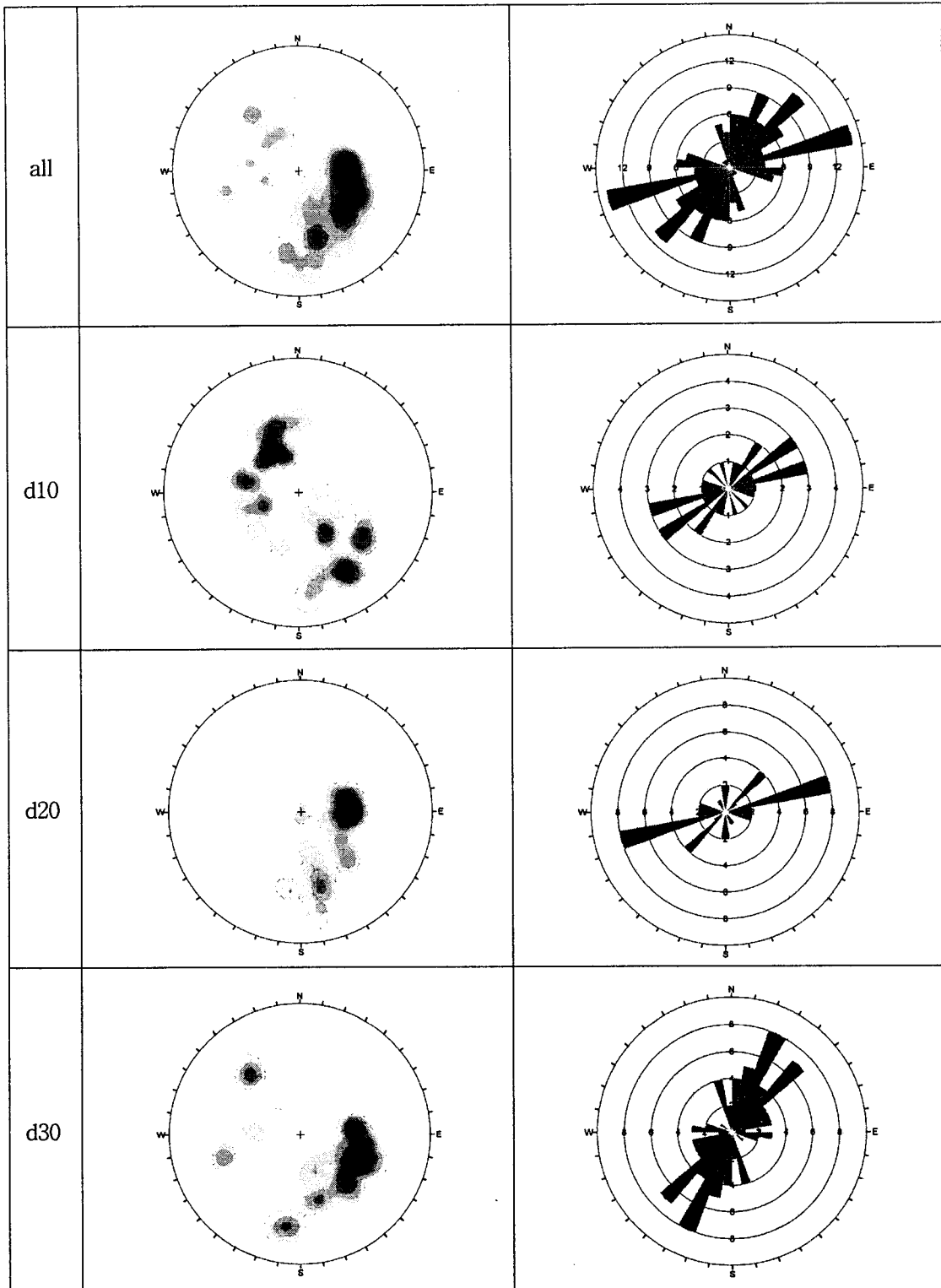


그림 8) BH-2 시추공에서 BIPS 촬영사진에서 나타난 심도별 불연속면의 방향성

4. 심도별 불연속면의 특성

호남탄전지역은 그림 9에서와 같이 시추 심도별 암상의 변화가 있으나 수원지역은 암상의 변화가 없다. 그러나 호남탄전지역의 경우도 상부의 함탄층은 Casing이 있어 Televiewer 탐사가 없이 천운산층에서 만의 불연속면 자료가 앞장에 제시되었다. 이들을 분석하여 볼 때 대체로 시추위치의 고도에 무관하게 호남탄전의 경우는 지하 30m와 40m에서 불연속면의 특성이 변하며 수원지역의 경우는 20m에서 불연속면의 방향들이 변함을 알 수 있다.

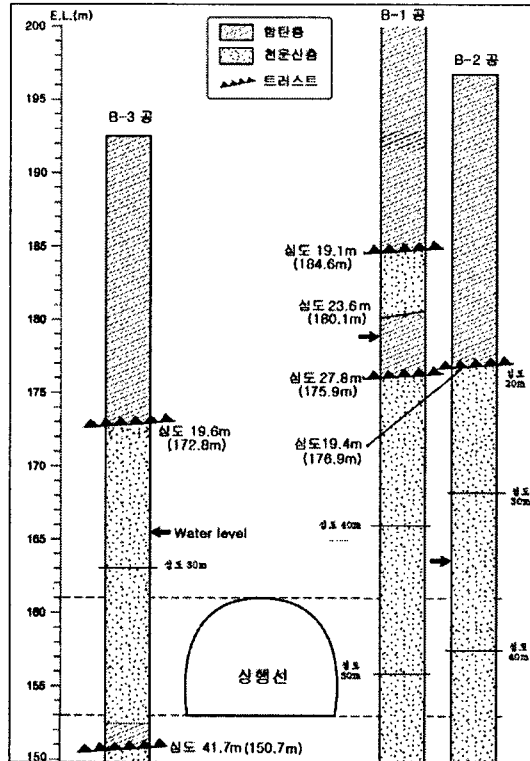


그림 9) 호남탄전 지역의 시추 간이 주상도

5. 결론 및 토의

호남탄전지역은 상부 고생대의 평안누층군이 분포하며 수원지역은 선캄브리아시대의 편암이 분포하는 지역으로, 호남탄전 지역의 지표에서 절리면들의 방향은 북동, 북서 및 거의 동서방향의 주향들이 우세하며 경사는 70도 이상으로 급경사를 이루고 있다. 수원지역은 지표에서 299°/57°로 북동방향의 주향에 남동쪽으로 경사지는 set1과 292°/85°로 대략 북동방향의 주향을 가지고 수직에 가까운 경사를 보이는 set2 및 078°/33°으로써 북북서방향의 주향을 가지며 경사가 33°정도인 3조가 발달한다.

지하로 가면서 호남탄전지역은 지하 30m와 40m에서 불연속면의 특성이 변하며 수원지역의 경우는 20m에서 불연속면의 방향들이 변화하였다. 이와 같은 변화가 등방성의 암석에서 변화를 관찰함이 심도별 변화를 대비 할 수 있으나 호남탄전의 경우는 퇴적암으로 측정된 암반이 세립질의 사암과 세일이 교호하는 이방성의 암반이다. 그러나 수원지역의 경우는 대

개 운모편암들로 호남탄전 지역보다는 암질의 변화가 적다. 이번 연구가 Televiewer 나 BIPS의 자료가 충분하지는 않으나 지하 20m-30m 이하에서 이미 지표와는 불연속면의 특성이 바뀔을 시사하고 있다.

참 고 문 헌

1. Sibson, R.H., 1977, Fault rocks and fault mechanisms, J. Geol. Soc. Lond, 133, P 190-213.
2. 市村 毅, 1927, 화순무연탄전 조사 보고 : 조선탄전조사보고, 제2권, 조선총독부 연료선광 연구소, p.1~23.
3. 김남장, 이하영, 1962, 화순탄전 시추조사 보문 : 탄전지질조사보고, 제3호, 국립지질조사 소, p.85~233
4. 이돈영, 정춘식, 최선근, 남원희, 이석중, 1965, 호남탄전지질조사보고서, 대한석탄공사, 54P.
5. 박노영, 김정환, 1972, 남양도폭 지질도 및 설명서, 15P. 국립광물지질연구소
6. 이병주, 박기화, 윤육, 윤윤영, 김남장, 황상기, 1993, 발안지질도 및 지질보고서, 16P, 한국 자원연구소