

[기술보고]

경전철 건설구간의 지질 및 지질구조특성에 관한 지반조사

이병주* · 선우춘 · 채병곤

한국지질자원연구원 지구환경연구본부

[Technical Report]

Survey of the Geology and Geological Structure of the Foundations at a Construction Site for Tram

Byung-Joo Lee*, Chun Sunwoo, and Byung-Gon Chae

Geologic Environment Div., Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

OO지역에 건설되는 경전철 노선은 경기편마암복합체 내 흑운모 편마암, 석영장석질편마암, 석회암 및 석회규산염암, 반상변정질편마암과 중생대에 이들을 관입한 반화강암이 분포하는 지역이다. 이 지역은 3차례 이상의 습곡작용을 받았으며, 첫 번째 변형작용(D1)은 습곡축면이 엽리면과 거의 평행한 등시습곡 내지 층간습곡이며, 두 번째 변형작용(D2)은 F1습곡이 재습곡작용을 받은, 습곡축면의 경사가 거의 수직인 폐쇄습곡이며 세 번째 변형작용(D3)은 이들 F1, F2습곡을 재습곡 시킨 개방습곡이다. 이 지역에는 서북서 방향의 근지암단층이 지나는데, 이 단층은 단층파쇄대가 3m정도이며 손상대는 약 10m 이상이고 연장도 15km로 추정하였다. 조사지역을 지나는 두개의 터널 중에서 AA터널 지역 시점 및 종점부 전체적으로 불연속면의 분포가 남쪽, 북서 및 남동쪽 방향으로 경사지는 비슷한 경향을 나타내고 있으며 AA터널의 굴진방향이 대략 남동-북서임을 고려할 때 시·종점부의 북서방향의 절리인 set3 그룹이 터널진행과 평행하기 때문에 불리한 상황이다. BB터널은 굴진방향이 대략 시점부에서는 100°-280° 그리고 종점부에서는 125°-305°임을 고려할 때 불연속면들이 터널굴착방향과 사교하기 때문에 터널굴착에 영향을 주지는 않음이 밝혀졌다.

주요어 : 경기편마암복합체, 지질구조, 습곡작용, 지반조사

The foundation area for tram contains biotite gneiss, quartzo-feldspathic gneiss, calc-silicate rock, and porphyroblastic gneiss of the pre-Cambrian Kyeonggi gneiss complex. These rocks record at least three stages of deformation, as indicated by fold sets of contrasting orientations (D1-D3). Joints are generally steeply dipping and strike NW-SE to WNW-ESE. The Gonjam Fault, which strikes WNW-ESE, follows a river in the area. The fault possesses a 3-m-wide fracture zone, a 10-m-wide damage zone, and is 15 km long. Two tunnels have been constructed through the biotite gneiss. The geometric relationship between discontinuities (e.g., joints and foliation) and tunneling direction reveals that set 3 of the AA tunnel is unstable but that BB tunnel is relatively safe.

Key words : Kyeonggi gneiss complex, Structural domain, Folding, Foundation survey

서 론

일반적으로 건설되는 도로나 철로 등에 대한 보다 안전하고 친환경적이며 견고한 노선을 설계하기 위해서는 노선을 포함한 주위의 지질 및 지반조사를 실시하여 이를 근거로 최적의 노선을 결정하는 것이 최선의 방법이다

(Hoek & Brown, 1980; Hudson & Harrison, 1997; 신희순 외, 1999). 실제로 지반조사를 통해 최적의 노선을 선택한 예로 경기도 광주시를 통과하며 경전철이 통과하는 지역에 대한 지질 및 지질구조를 포함한 불연속면에 대한 조사를 실시하고 이를 분석한 것을 기술함이 본 논문의 목적이다.

*Corresponding author: bjlee@kigam.re.kr

현장에서 실시한 지질 및 지반조사는 조사지역에 대해 지표지질조사로서 그 지역 내 분포하는 암석의 분포 및 암상간의 상호 관계와 지반 내에 발달하는 엽리, 절리 및 단층 등과 같은 면구조를 분석하였다. 암상에 대해서는 육안 및 현미경 관찰을 통한 암석학적 특성을 분석하였고 조사 지역 내 암반에 발달하는 모든 연약면을 총괄적으로 나타내는 절리 및 단층 등의 불연속면에 대한 방향성, 간격, 연속성, 거칠기, 불연속면의 수, 압곡의 크기 등을 분석하였다.

조사지역의 지질

설계노선을 포함하는 그 주위의 정밀지질도는 Fig. 1과 같다. 본 지역은 경기변성암복합체에 속하는 흑운모편마암, 석영장석질 편마암, 편암, 반상변정질 편마암과 백악기에 이들 변성암류들을 관입한 반화강암과 제4기의 미교결 퇴적층인 충적층으로 이루어져 있다(이병주 외, 1999).

흑운모편마암

조사구간에서 가장 넓게 분포하는 흑운모편마암은 석영장석질 편마암과는 점이적인 관계를 보이며 편암 및 규암 등이 소규모로 협재 한다. 본 암 중에는 기원퇴적암의 잔류물들이 다른 편마암에 보다 더욱 풍부하다. 이들은 작은 렌즈상 또는 구상으로 나타나며 니질암, 사질암, 규암 등으로 되어있고 이들의 엽리의 방향은 본 암의 그것과 대

체로 일치하지만 어떤 것은 교차하여 있기도 한다. 본 암은 심한 습곡작용을 받아 국부적으로 티그마틱(ptygmatic) 습곡구조를 보여주는 경우가 많다. 야외에서 본 암을 관찰하면 흑운모를 주로 하는 유색광물부분과 석영, 장석 등을 주로 하는 무색광물부분이 교호적으로 배열되어 호상구조(banded structure)를 이루는 것이 특징이다. 이 호상구조는 매우 규칙적이고 연장성이 강한 것이 보통이지만 부분적으로 우백질 광물에 의해 이 구조가 파괴되어 연장성이 적고 불규칙한 미그마타이트의 양상을 띄우는 곳도 있다. 유색광물부분의 폭은 대개 0.2 cm 내지 2 cm이고 우백질 부분의 폭은 0.2cm 내지 10 cm에까지 달한다. 본 암은 풍화에 약하여 본 암의 분포지역은 보통 낮은 구릉이나 저지를 이루는 곳이 많다. 토양은 본 암 중에 특히 흑운모의 양이 풍부한 것에 기인하여 적색을 띤다.

현미경하에서 본 암을 관찰하면 전체적으로 보아 반자형의 입상조직을 보여주며, 주성분광물로서 석영은 심하게 파쇄되어 파동소광을 보이는 것과 재결정작용에 의해 모자이크조직을 나타내는 것도 있다. 장석은 정장석, 미사장석, 사장석으로 구분되는데 이중 미사장석은 퍼싸이트(perthite)를 이루는 경우가 많다. 사장석은 오리고클레이스의 성분을 가지며 심하게 건운모화 되어 있다. 전체적으로 석영과 장석이 인터록킹(interlocking)된 곳에는 밀메카이트(mymekite) 조직을 보여주는 경우가 많다. 흑운모는 대부분 엽리면을 따라 잘 발달되어 있으나 입도가 불규칙하며 부분적으로는

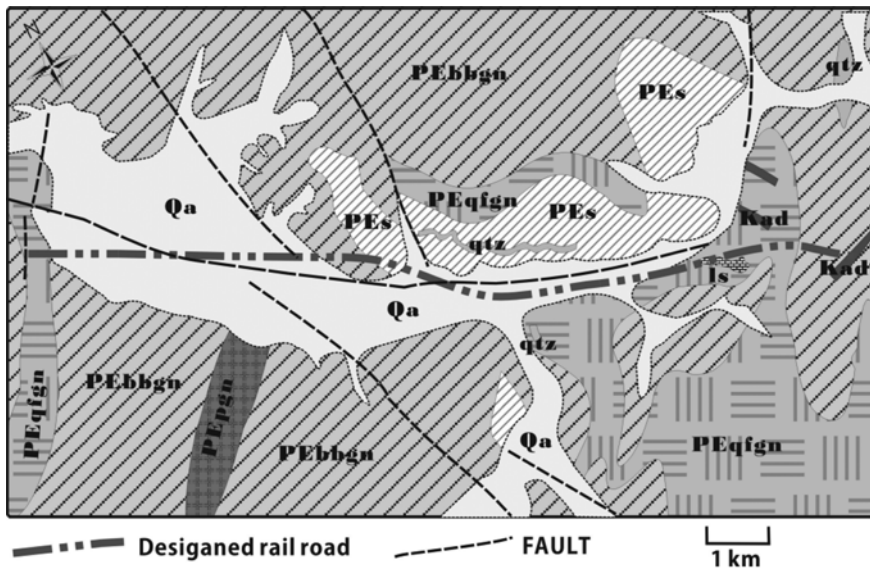


Fig. 1. Detail geological Map at the surveyed area (PEbbgn - Biotite gneiss; PEqfgn - Quartzofeldspathic gneiss; PEpgn - Porphyroblastic gneiss; PEs - Schist; qtz - Quartzite; ls - Limestone and/or limesilicate; Kad - Aplite; Qa - Aluvium).

녹니석으로 변질되어 있고 지른을 포유물로 가지고 있는 경우가 많으며 간혹 규선석이 산출되기도 한다.

석영장석질편마암

이 편마암은 흑운모편마암과는 점이적 관계를 가지며 조사구역내에서 흑운모편마암과 교호 하면서 산출한다. 본 암은 흑운모호상편마암 중에 둘러싸여 나타나는 것이 보통이며 국부적으로는 편암에 접해 있기도 한다. 본 암 중에는 편암, 규암 및 흑운모호상편마암 등이 작은 렌즈상으로 포함되어 있기도 하다. 본 암은 세립질이고 석영, 장석과 같은 무색광물로 대부분 구성되어 있으며 흑운모는 소량 함유되어 있으나 미세한 선상의 배열상태를 보여주고 있는 것이 특징이다. 본 암의 분포지역의 중심부는 이러한 선상구조가 명확치가 않아서 마치 우백질화강암의 외견과 유사하다. 본 암은 인접한 흑운모호상편마암과는 점이적인 접촉관계를 보여주는데 본 암에서 흑운모호상편마암으로 감에 따라 입자는 점차로 조립질 또는 중립질로 되며 흑운모의 양은 증가되고 선상구조는 호상구조로 점점 이화된다. 본 암과 편암 또는 규암과의 접촉관계도 또한 점이적이다. 본 암은 세립질이고 특히 석영의 함유량이 많다. 풍화에 대한 저항력이 강하다. 따라서 이암의 분포지역은 대개 높은 산지나 구릉 또는 절벽을 이루는 곳이 많다. 이암의 기원암 석인 석영질 사암 또는 석영장석질사암이 광역변성작용과 그 후에 작용한 강한 화강암화작용의 영향으로 인하여 생성된 것으로 사료되며 화강암화작용의 정도는 반상변정질 편마암 보다는 약하지만 흑운모호상편마암보다는 강하다.

현미경하에 관찰에 의하면 전체적으로 반자형의 입상조직을 보여주고 석영과 장석은 인터록킹(interlocking)되어 부분적으로 봉합상 조직을 보여주기도 한다. 석영은 파동소광을 가지며 장석은 미사장석이 대부분이고 정장석, 사장석(올리고클레이스)이 이에 첨가된다. 사장석에는 변성작용의 소산으로 추정되는 반응대(reaction rim)가 발달되는 경우가 많으며 심하게 건운모화 됨이 뚜렷하다. 그 외 규선석이 소량 함유되어 있고 간혹 석류석이 흑운모와 같이 집합체로 나타나기도 한다. 전기석은 상기 모든 주성분 광물보다 나중에 형성된 것으로 화강암화작용의 과정 중에 생긴 것으로 보인다.

석회암 및 석회규산염암

조사구역의 OO터널 입구부에서 석영장석질 편마암 내에 소규모로 석회암 및 석회규산염암이 분포한다. 이 석회암은 그 분포 범위가 매우 작으며 흑운모편마암이나 석영장석질 편마암 내에 렌즈 상으로 존재한다. 석회암은 그

구성 광물인 방해석이 거의 모두가 재결정되어 당정질 조직을 가지며, 석회규산염암은 방해석 외에 각섬석, 규회석, 녹니석, 스피넬 등으로 구성되어 있다. 특히 석회암내에서는 습곡 및 스러스트가 발달한다.

편암

본 암은 조사구역 내에서 규암 협재하며 분포한다. 본 암은 이와 접해있는 흑운모호상편마암과 석영장석질편마암과의 접촉관계는 광물성분과 조직에 있어 서로 점이적이다. 본 암 중에는 폭이 수 1-2m 달하는 규암층이 협재되어 있기도 하는데 이 암층과도 구조 및 광물성분에 있어서 점이적인 관계에 있다. 본 암은 이를 구성하는 유색광물의 종류에 따라 녹니석편암, 녹니석·흑운모편암 및 흑운모편암으로 구별되지만 거의 대부분이 녹니석·흑운모편암이다.

현미경하에서 본 암을 관찰하면 전체적으로 레피도블라스티크 조직(lepidoblastic texture)을 보여준다. 석영은 파동소광을 가지며 입자의 크기가 불규칙하여 조립질에서 중립질세립질에 이르기까지 매우 다양하다. 장석은 대부분 정장석이며 간혹 오리고크레이스로 구성된다. 흑운모는 암갈색에서 담갈색의 다색성을 가지며 불균일한 입도로 엽상구조를 잘 발달시키고 미소습곡을 보여주기도 한다. 또한 흑운모는 섬유상의 실리마나이트로 점이되는 경우가 많다. 실리마나이트는 미소습곡 면에 따라 배열된다. 전기석은 중립질의 자형으로 불규칙하게 산재하여 있는데 전부 흑운모나 실리마나이트의 미소습곡을 단절한다. 그 외로 장석으로부터의 이차적 생성물인 고평토와 견운모가 소량 발달하여 흑운모의 벽개면을 따라 형성된 녹니석이 소량 산출된다.

반상변정질 편마암

반상변정질편마암의 암체들은 전체적으로 보면 흑운모 호상편마암내에 둘러싸여 나타나며 또한 서로 점이적인 접촉경계를 갖고 있다. 본 암을 야외에서 관찰하면 조립의 호상편마암 또는 화강암질 편마암 바탕에 미사장석의 반상변정이 있는 것이 특징이다. 편리의 발달은 매우 양호하며 그 방향은 흑운모호상편마암의 그것과 대체로 비슷하다. 반상변정은 장방형, 정방형 또는 렌즈상으로 나타나며 렌즈상으로 나타나는 것은 흑운모에 의해 둘러싸여 외견상 안구상 편마암(augen gneiss)과 같이 보인다. 장방형 또는 렌즈상의 반상변정은 그 장축방향이 대개 편리방향과 나란히 배열하지만 때로는 교차하기도 한다. 장방형의 경우 장축의 길이는 1cm에서부터 5cm에 까지 달하는 것도 있으나 2cm인 것이 가장 많다. 단축의 길이는 대개 장축의 길이의 반이다. 미사장석의 반상변정은 본 지역에서의 광

역변성작용 이후에 일어나 화강암화 작용동안에 알칼리 성분의 도입에 의한 변성교대작용의 결과 생성된 것으로 사료된다. 또한 렌즈상의 반상변정은 장방형 또는 정방형의 반상변정이 국부적으로 일어난 파쇄변형작용에 의해 변형되어 생성된 것이다. 본 암과 이에 접촉해 있는 흑운 모호상편마암과는 서로 점이적인 변화를 보이고 있는데 그 점이대를 관찰하면 본 암에서 흑운모호상편마암으로 감에 따라 점차로 반상변정의 수량과 크기가 감소하고 엷리는 더욱 발달하여 비탕의 흑운모는 점점 많아져서 흑운 모대를 이루게 된다. 본 암은 조립질이고 장석성분이 많아 풍화에 매우 약하다. 풍화면의 사장석은 대체로 백색이고 미사장석은 회색이다. 토양은 담적색을 띤다.

현미경하에서 본 암을 관찰하면 반자형의 입상구조를 보이거나 입도는 불균일하며 반상의 사장석 내지 미사장석이 불규칙하게 배열되어 있다. 밀페카이트(myrmekite)가 현저히 발달되고 이들 반상의 장석입자들이 심하게 파쇄된 경우가 많은 것으로 보아 교대작용(metasomatism)에 의하여 형성되었던 반상변정(porphyroblast)들이 후에 많이 압쇄된 것으로 사료된다.

반화강암

조사구역 내 소규모 맥상으로 분포하는 반화강암은 야외에서는 세립의 성영 및 장석입자로 구성되며 등립질로 반화강암질(aplitic) 조적을 보인다. 이 반화강암은 편마암의 엷리를 자르며 관입한 양상을 보인다.

지질구조

본 조사구간은 선캠브리아시대의 편마암류들이 분포하는

곳으로 오랜 지질시대를 거치면서 최소한 3회 이상의 습곡작용을 포함한 연성변형작용과, 몇 차례의 소성변형작용이 일어나 단층 및 절리들이 형성된 비교적 복잡한 지질구조를 가지는 지역이다. 이 지역의 지질구조를 분석하기 위해 곤지암단층으로 명명된 서북서방향의 단층과 남북방향의 소규모 단층을 경계로 Fig. 2와 같이 이 지역을 세 개의 지질구조구(Structural domain)로 나누었다. 지질구조구를 나누는 근거는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 경안단층을 중심으로 남쪽과 북쪽 구역과 경안단층의 연장이 확인 되지 않는 본 역의 서쪽 구역으로 나누어 각각의 지질구조구의 면구조 및 단층과 절리의 특성을 분석한다.

면구조(Planar structure)

이 지역의 주된 면구조는 편마암류 및 편암의 엷리들로써, 3차례 이상의 습곡작용과 단층작용에 의해 엷리면들이 매우 교란되어 있다. 이들 엷리면구조의 특성을 각각의 지질구조구별로 고찰한다.

지질구조구 1 즉 domain 1에서의 엷리면들은 Fig. 3에서와 같이 크게 두 방향이 발달하는데 그 하나는 엷리면의 극점의 최대치가 112°/43°로 북동방향의 주향에 43°로 남동쪽으로 경사진 것들과, 282°/42°의 극점인 역시 북북동 방향의 주향에 42° 북서쪽으로 경사진 것들이 발달한다. 이는 북북동 방향의 습곡축을 가지는 습곡이 이 지역에 발달함을 시사한다.

지질구조구 2 즉 domain 2에서의 엷리면들은 Fig. 4에서와 같이 크게 두 방향이 발달하는데 그 하나는 엷리면의 극점의 최대치가 165°/23°-60°로 북동방향의 주향에 23°-60°까지의 경사각이 변하며 남동쪽으로 경사진 것들과, 332°/33°-57°의 극점인 역시북동 방향의 주향에 33°-57°의 경사각

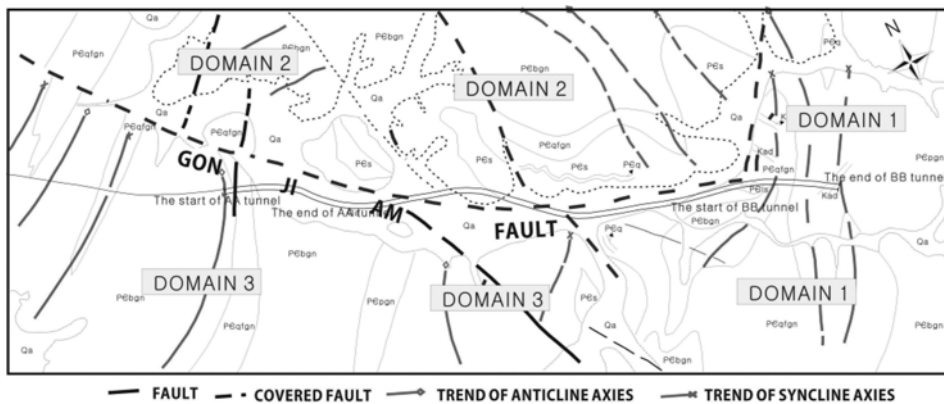


Fig. 2. Structural domain map at surveyed area.

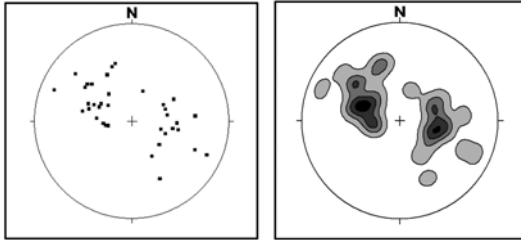


Fig. 3. Pole and contour diagram of the schistosity at domain 1 (Equal area net, lower hemisphere).

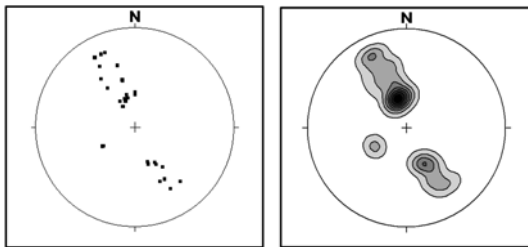


Fig. 4. Pole and contour diagram of the schistosity at domain 2 (Equal area net, lower hemisphere).

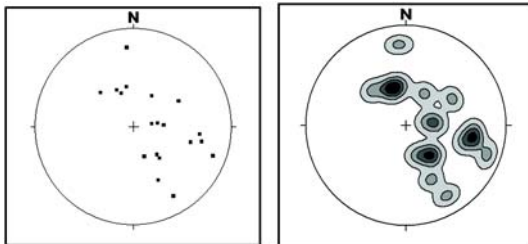


Fig. 5. Pole and contour diagram of the schistosity at domain 3 (Equal area net, lower hemisphere).

변화를 보이며 북서쪽으로 경사진 것 들이 발달한다. 이는 북북동 방향의 습곡축을 가지는 습곡이 이 지역에 발달함을 시사한다.

지질구조구 3 즉 domain 3에서의 엽리면들은 Fig. 5에 서와 같이 다른 구조구역에 비해 엽리면이 분산되어 발달 한다. 이는 엽리면들이 또 다른 습곡작용(F3 습곡)에 의해 교란되어 나타나는 현상이다.

이 지역은 크게 세 방향이 발달하는데 그 하나는 엽리 면의 극점의 최대치가 164°/33°으로 북동방향의 주향에 33°의 경사각이 변하며 남동쪽으로 경사진 것들과, 322°/31°의 극점인 역시 북동 방향의 주향에 33°의 경사각을 보이며 북서쪽으로 경사진 것들과 280°/55°인 거의 남북에 가까운 주향에 55°로 서쪽으로 경사진 것들이 발달한다.

습곡구조

면구조에서 엽리면들의 구조를 고찰한 바와 같이 이 지역은 습곡작용에 의해 엽리면들의 태위(Attitude)가 교란되어 있음을 알 수 있다. 실지 야외조사 시에도 이 지역에는 3차례의 서로 다른 형태의 습곡이 존재함을 알 수 있었다. 첫 번째 습곡인 D1 습곡은 첫 번째 변형의 산물이며, 두 번째 변형의 산물인 습곡은 D2습곡이고 마지막 세 번째 변형의 산물이 D3습곡이다(Fig. 6).

F1 습곡은 조사구간에서 일어난 첫 번째 변형작용의 산물로 엽리면과 평행한 습곡축면을 가지는 등시습곡 (Isoclinal fold) 내지 층간습곡(Intrafolial fold)이다(Fig. 7). F2 습곡은 조사구간에서 일어난 두 번째 변형작용의 산물 로 습곡축이 북동 내지 남북방향의 폐쇄습곡(Close fold)이다(Fig. 7). F3 습곡은 조사구간에서 일어난 세 번째 변형 작용의 산물로 거의 남북장향의 횡압력에 의해 습곡면의 주향이 거의 동서방향인 개방습곡(Open fold)이다.

절리 및 단층

본 지역은 주로 선캠브리아기의 편마암 및 편암류로 구

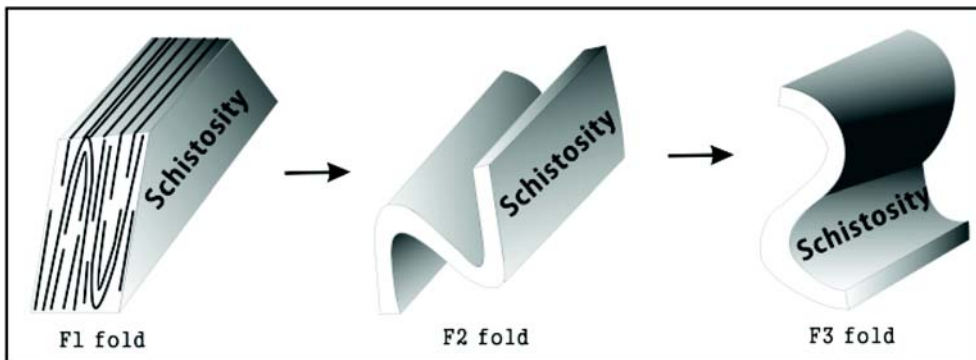


Fig. 6. The type of fold at each deformational stage.

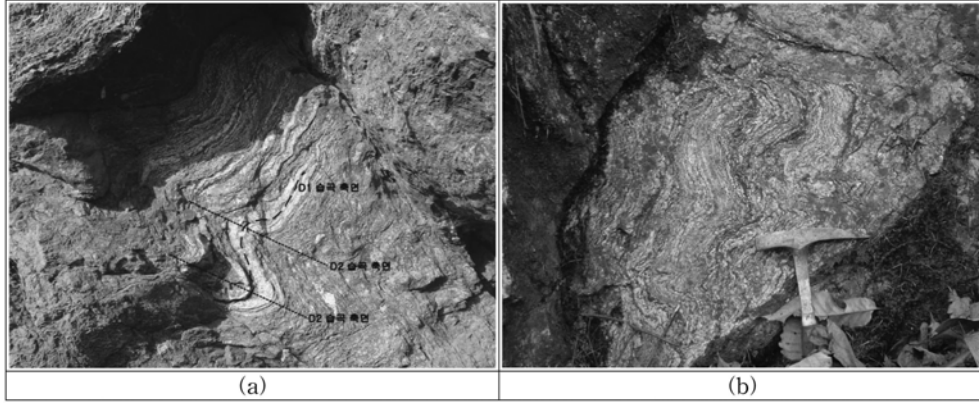


Fig. 7. F1 fold was superpose by F2 fold (a) and F3 fold type (b).

성되어 오랜 지질시대를 거치면서 연성변형작용 뿐만 아니라 취성변형작용도 함께 일어나 이 변형작용의 산물인 절리 및 단층과 같은 지질구조 요소들이 발달하고 있다. 특히 이 지역은 곤지암단층이라 명명된 서북서방향으로 하천을 따라 발달하고 있다. 이러한 지질구조적 특성인 절리와 단층에 대한 분포특성 과 단층의 기하학적 특성을 기술 한다.

Domain 1

북서 내지 서북서 방향에 수직에 가까운 경사각을 가지는 055°-075°/90°의 절리와 북동방향의 주향에 북서방향으로 80° 내외의 경사각을 가지는 310°/76° 절리조 및 북동방향의 주향에 70° 내외로 남동쪽으로 경사진 150°/68°의 절리조가 발달한다. 즉 북서방향의 절리가 우세하며 그 외 북동방향의 절리도 발달하며 절리의 경사각은 대개 고각이다(Fig. 8).

Domain 2

북서 방향에 70° 내외의 경사각으로 북동쪽으로 경사진 055°/72°의 절리와 거의 동서방향의 주향에 북쪽으로 60°

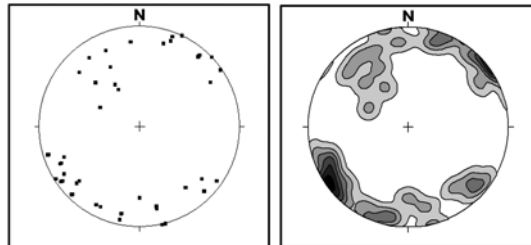


Fig. 8. Pole and contour diagram of the joints and faults at domain 1 (Equal area net, lower hemisphere).

내외의 경사각을 가지는 178°/59° 절리조 및 남북 내지 북북동방향의 주향에 40°-50°로 동쪽으로 경사진 282°/44°의 절리조가 발달한다(Fig. 9).

Domain 3

북동 방향에 60° 내외의 경사각으로 북서쪽으로 경사진 319°/62°의 절리와 북북동방향의 주향에 80도 내외로 남동쪽으로 경사진 197°/83° 절리조 및 북서방향의 주향에 70° 내외로 남서쪽으로 경사진 070°/72°의 절리조가 발달한다 (Fig. 10).

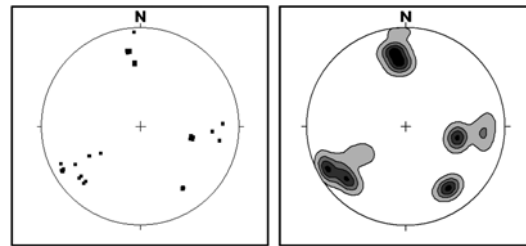


Fig. 9. Pole and contour diagram of the joints and faults at domain 2 (Equal area net, lower hemisphere).

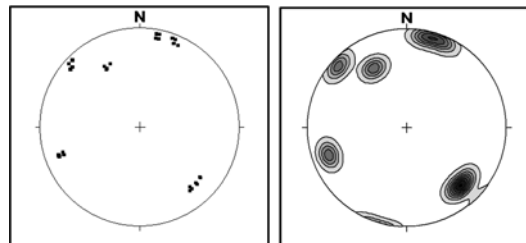


Fig. 10. Pole and contour diagram of the joints and faults at domain 3 (Equal area net, lower hemisphere).

조사구역 내에 발달하는 단층의 실체를 노두에서 관찰하여 각각의 단층에 대한 기하학적특성 및 단층대의 연장 및 폭 등을 고찰하였다. 곤지암단층은 조사지역에서 서북서방향으로 하천을 따라 발달하고 있다. 이 단층의 실체는 광주시 대쌍령리에서 실촌면 곤지암리의 공사현장에서 관찰되었는데(Fig. 11) 그 구간에서의 특성을 기술한다. 이 곤지암단층의 연장은 약 15 km로 추정되며 단층의 폭은 단층 파쇄대가 약 3 m이며 그 밖의 단층 손상대(Fault damage zone)는 약 10 m 정도이다. 이 단층의 기하학적 특성은 주향 N40°-70°W, 70°-85° 경사각을 가지며 남서로 경사하며 단층조건의 경사각이 20-30도로 우수향의 운동 감각을 가진다.

조사구간 터널 입출구부의 불연속면의 분포 현황

본 조사구간에는 3개의 터널이 통과하며 이들 터널중 비교적 길이가 긴 AA터널 및 BB터널 (Fig. 2 참조)의 현지 노두에서 측정된 불연속면들의 분포현황을 시점부와 종점부를 구분하여 언급한다. 실제 조사지역에는 노두가 불연속면을 체계적으로 측정할 수 있는 노두가 발달하지 못하고 있어, Scanline에 의한 조사보다는 국부적인 조사만이 이루어 졌으며 앞장에서 설명한 전체적 불연속면의 경향을 고려하였다.

AA터널 시점부

AA터널 조사지역은 시점부와 종점부로 나누어 조사를 실시하였다. OO터널의 시점부 쪽 암반의 조사는 지표노두에서 실시하였으며, 조사구간에 분포하는 암종은 흑운모편마암이다.

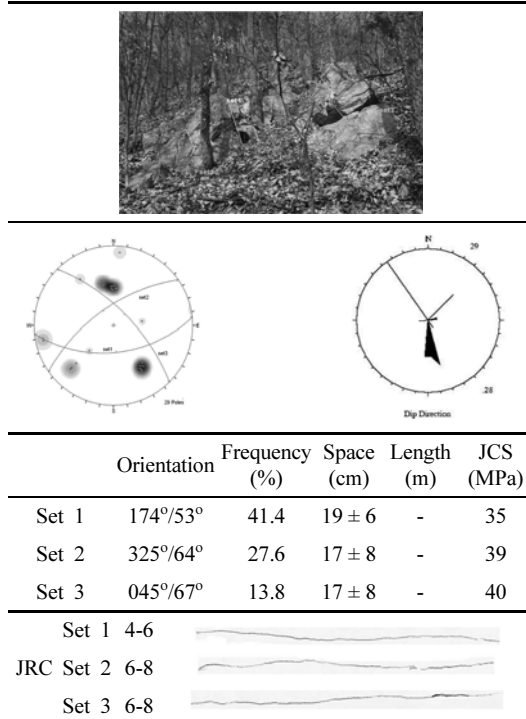


Fig. 11. Gonjiam Faults at Sangdong hill.

터널 시점부에서는 3개의 절리군이 발달하고 있으며, 가장 현저히 발달하는 set 1에 속하는 불연속면군은 대략 남쪽으로 경사지는 절리(174°/53°)들로 전체 절리의 약 41% 정도가 분포하며, 간격은 15-25m정도로 조밀에서 보통의 간격분포를 나타내며 평균 간격은 19 cm정도로 조밀의 간격분포를 나타내고 있다. 노두의 형태가 절리의 길이를 파악하기 어려운 상황이고, 대부분의 불연속면의 발달이 조사구간을 벗어나고 있기 때문에 연속성은 유추하기 힘든 상황이다. JCS는 35 MPa, JRC는 4-6정도로 약간 거친 상태를 나타내고 있다(Table 1).

제 2군의 불연속면들(set2)은 북서쪽으로 경사지는 절리들(325°/64°)들로 전체절리의 28% 정도가 분포하며, 평균 간격은 17 cm 정도로 조밀의 간격분포를 나타내고 있다. 절리의 길이는 파악하기 어려운 상황이고, JCS는 39 MPa, JRC는 6-8 정도로 약간 거친 상태를 나타내고 있다 (Table 1). 제 3군의 불연속면들(set 3)은 북동으로 경사지는 절리들(045°/67°)로 전체 절리의 14% 정도를 차지하며, 평균 간격은 17 cm정도로 조밀의 간격분포를 나타내고 있다. 절리의 길이는 파악이 어려운 상황이고, JCS는 40 MPa이며 JRC는 4-6정도로 약간 거친 상태를 나타내고 있다

Table 1. Characteristics of discontinuity at entrance of AA tunnel, Pole and girdle of the joints and faults (Equal area net, lower hemisphere).



(Table 1).

AA터널 시점부의 전체적인 간격의 분포는 18 cm전후로 조밀의 간격분포를 나타내고 있으며, 벽면강도는 35-40 MPa로 연암의 강도를 나타내며 거칠기도 JRC 값이 4-8 정도로 약간 거친 상태를 나타내고 있다. 앞에서 언급된 것과 마찬가지로 편마암의 경우는 외부에 노출되면 풍화가 쉽게 일어나는 암종으로 현재 조사되고 있는 노두의 불연속면 벽면의 풍화가 상당히 진행되어 있기 때문에 거칠기가 원지반보다 거친 상태이며, 강도도 많이 약화된 상태이다.

AA터널 종점부

터널 종점부 쪽의 암종은 역시 흑운모편마암이며 이 조사구간도 터널의 시점부와 같이 비슷한 불연속면 분포를 보이며 3개의 절리군이 발달하고 있으며, 가장 발달하는 불연속면군(set 1)은 남쪽으로 경사지는 절리(170°/67°)들로 전체 불연속면의 반 정도를 차지하고 있으며, 간격은 10~50 m 정도로 조밀에서 보통의 간격분포를 나타내며 평균 간격은 29 cm정도로 보통의 간격분포를 나타내고 있다. 절리의 평균길이는 3.8 m로 보통의 연속성을 나타내지만 대부분의 불연속면의 말단이 조사구간을 벗어나고 있기 때문에 연속성은 이보다 훨씬 길 수 있으며, JCS는 61 MPa, JRC는

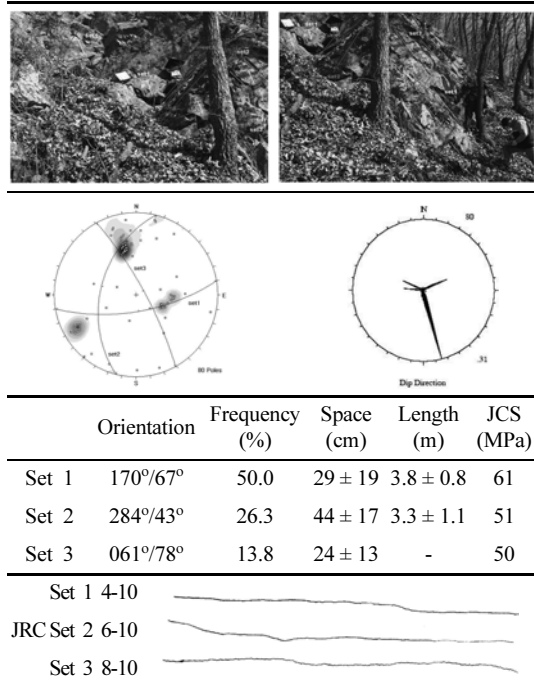
4-10정도로 다소 거친 상태를 나타내고 있다(Table 2).

제 2군의 불연속면들(set 2)은 서쪽으로 경사지는 급경사의 저각의 절리들(284°/43°)이 전체절리의 26% 정도가 분포하며, 평균 간격은 44 cm 정도로 보통의 간격분포를 나타내고 있다. 절리의 평균길이는 3.3 m로 낮은 연속성을 보이며, JCS는 51 MPa, JRC는 8-10 정도로 약간 거친 상태를 나타내고 있다(Table 2).

제 3군의 불연속면들(set 3)은 동북동으로 경사지는 절리들(061°/78°)로 전체 절리의 14% 정도를 차지하며, 평균 간격은 24 cm정도로 보통의 간격분포를 나타내고 있다. 절리의 길이는 파악이 어려운 상황이며, JCS는 50 MPa이고, JRC는 8-10 정도로 약간 거친 상태를 나타내고 있다(Table 2).

터널 종점부의 전체적인 간격의 분포는 20 cm이상으로 보통의 간격분포를 나타내고 있으며, 벽면강도는 50-60 MPa로 보통암의 강도를 나타내며 거칠기도 JRC 값이 4-10 정도로 약간 거친 상태를 나타내고 있다. 터널 지역 시점 및 종점부 전체적으로 불연속면의 방향분포가 남쪽, 북서 및 남동쪽 방향으로 경사지는 비슷한 경향을 나타내고 있다. 터널의 굴진방향이 대략 남동-북서임을 고려할 때 시·종점부의 set3 그룹이 터널진행과 평행하기 때문에 불리한 상황에 놓일 수 있다.

Table 2. Characteristics of discontinuity at the end of AA tunnel. Pole and girdle of the joints and faults (Equal area net, lower hemisphere).

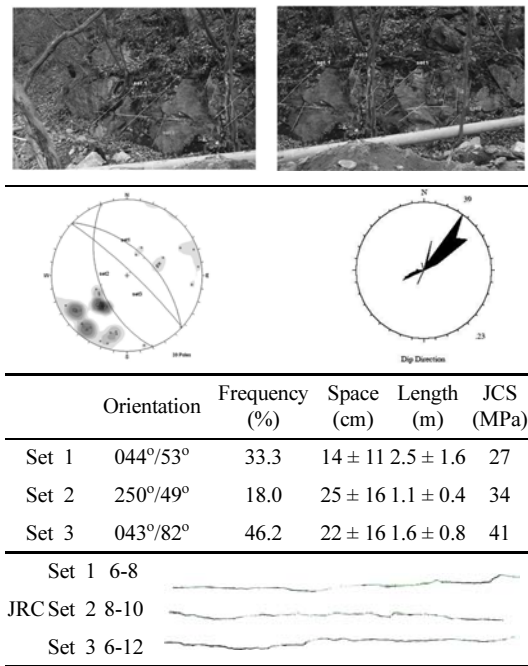


BB 터널시점부

BB 터널 조사지역의 시점부 쪽 암종은 석영장석질편마암이며 이 구간에서도 3개의 절리군이 발달하고 있으며, set1에 속하는 불연속면군은 북동쪽으로 경사지는 불연속면(044°/53°)들로 전체 절리의 약 33 %정도가 분포하며, 평균 간격은 14 cm정도로 조밀의 간격분포를 나타내고 있다. 절리의 평균길이는 2.5 m로 낮은 연속성을 나타내지만 대부분의 불연속면의 말단이 조사구간을 벗어나고 있기 때문에 연속성은 이보다 훨씬 길 수 있으며, JCS는 27 MPa, JRC는 6-8정도로 다소 거친 상태를 나타내고 있다(Table 3).

제 2군의 불연속면들(set 2)은 서남서쪽으로 경사지는 절리들(250°/49°)이 전체절리의 18% 정도가 분포하며, 평균 간격은 25 cm 정도로 보통의 간격분포를 나타내고 있다. 절리의 평균길이는 1.1 m로 낮은 연속성을 보이며, JCS는 34 MPa, JRC는 8-10 정도로 약간 거친 상태를 나타내고 있다(Table 3). 이 지역에서 가장 발달하고 있는 제 3군의 불연속면들(set 3)은 set 1과 마찬가지로 방향이 같은 북동쪽으로 경사지지만 급경사의 절리들(043°/82°)로 전체 절리의 46% 정도를 차지하며, 평균 간격은 22 cm

Table 3. Characteristics of discontinuity at the entrance of BB tunnel. Pole and girdle of the joints and faults (Equal area net, lower hemisphere).

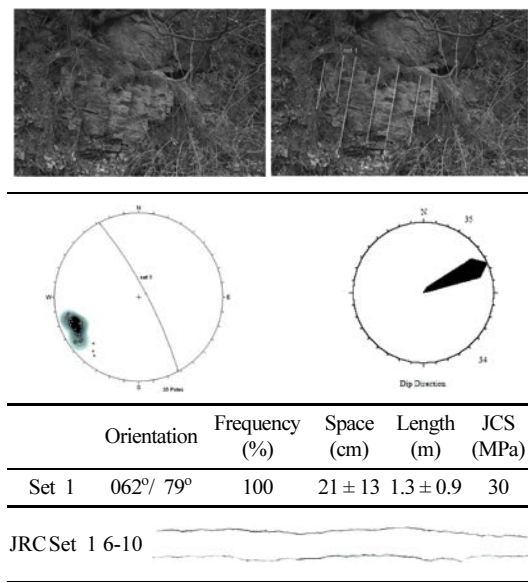


정도로 보통의 간격분포를 나타내고 있다. 절리의 평균 길이는 1.6m로 낮은 연속성을 나타내지만 대부분의 불연속면의 발달이 조사구간을 벗어나고 있기 때문에 연속성은 이보다 훨씬 길 수 있으며, JCS는 41 MPa, JRC는 6-12 정도로 약간 거친 및 거친 상태를 나타내고 있다(Table 3). 터널 시점부의 전체적인 간격의 분포는 20cm전후로 보통의 간격분포를 나타내고 있으며, 벽면강도는 27-41 MPa로 연암의 강도를 나타내며 거칠기도 JRC 값이 6-12 정도로 약간 거친 및 거친 상태를 나타내고 있다.

BB터널 종점부

터널 종점부의 암종은 흑운모편마암으로 이 구간에서는 1개의 절리군과 편리들이 발달하고 있지만 편리자체가 불연속면으로 작용하고 있지는 않고 있다. 발달하고 있는 불연속면은 북동쪽으로 경사지는 급경사의 절리(062°/79°)들로 간격은 10~30m정도로 조밀에서 보통의 간격분포를 나타내며 평균 간격은 21cm정도로 보통의 간격분포를 나타내고 있다. 절리의 평균길이는 1.3m로 낮은 연속성을 나타내지만 대부분의 불연속면의 발달이 조사구간을 벗어나고 있기 때문에 연속성은 이보다 훨씬 길 수 있으며, JCS는 30 MPa로 연암의 강도를 나타내며, JRC는 6-10정

Table 4. Characteristics of discontinuity at the end of BB tunnel. Pole and girdle of the joints and faults (Equal area net, lower hemisphere).



도로 다소 거친 상태를 나타내고 있다(Table 4).

△△터널 지역의 시점 및 종점부 전체적으로 불연속면의 분포는 북동 방향으로 경사지는 절리들이 대부분을 차지하고 있다. 따라서 △△터널의 굴진방향이 대략 시점부에서는 100°-280° 그리고 종점부에서는 125°-305°임을 고려할 때 불연속면들이 터널굴착방향과 사교하기 때문에 터널굴착에 영향을 주지는 않을 것이다.

결 론

경기도 광주시에 건설되는 경전철 노선은 경기편마암복합체 내 흑운모 편마암, 석영장석질편마암, 석회암 및 석회규산염암, 반상변정질편마암과 중생대에 이들을 관입한 반화강암이 분포하는 지역이다. 선캠브리아기의 편마암류들이 분포하는 이 지역은 3차례 이상의 습곡작용을 받아 엽리면들이 교란되어 있다. 첫 번째 변형작용(D1)의 산물은 습곡축면이 엽리면과 거의 평행한 등시습곡 내지 층간 습곡이며, 두 번째 변형작용(D2)은 F1습곡이 재습곡작용을 받은, 습곡축면의 경사가 거의 수직인 폐쇄습곡이며 세 번째 변형작용(D3)은 이들 F1 및 F2습곡을 재습곡 시킨 개방습곡이다.

또한 이 지역에는 절리 및 단층의 발달 상태를 3개의 지질구조구로 분할하여 고찰하였으며 Domain 1은 북서내지

서북서방향인 Domain 2도 북서방향인 Domain 3은 북동방향에 경사는 모두 70도 이상의 고각인 절리들이 발달함을 알 수 있다. 이 지역에는 서북서 방향의 근지압 단층이 지나는데, 이 단층은 단층파쇄대가 3m 정도이며 손상대는 약 10m 이상이고 연장도 15km로 추정하였다.

조사지역을 지나는 두개의 터널의 지반특성을 분석하였다. OO터널 지역 시점 및 종점부 전체적으로 불연속면의 분포가 남쪽, 북서 및 남동쪽 방향으로 경사지는 비슷한 경향을 나타내고 있으며 OO터널의 굴진방향이 대략 남동-북서임을 고려할 때 시·종점부의 북서방향의 절리인 set 3 그룹이 터널진행과 평행하기 때문에 불리한 상황이다. 터널은 굴진방향이 대략 시점부에서는 100°-280° 그리고 종점부에서는 125°-305°임을 고려할 때 불연속면들이 터널굴착방향과 사교하기 때문에 터널굴착에 영향을 주지는 않음이 밝혀졌다.

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원의 기본연구과제인 “급경사지 및 휴폐광산 지역의 재해예방기술” (10-3411) 연구의 일환으로 수행되었으며, 본 논문을 심사하여 주신 익명의 세 분 심사위원님들께 고마움을 표합니다. 특히 심사위원님들의 지적 및 의견이 반영됨으로 본 논문이 한층 더 진전 될 수 있었음에 진심으로 감사를 드립니다.

참고문헌

- Hoek, E. and Brown, E.T., 1980, Underground excavations in rocks, Institution of Mining and Material, London, 527p.
Hudson, J.A. and Harrison, J.P., 1997, Engineering Rock

Mechanics, Elsevier Science Ltd, The Boulevard, Langford Lane Kidlington, Oxford UK, 113-140.

신희순, 선우춘, 이두화, 1999, 토목기술자를 위한 지질조사 및 암반분류, 구미서관, 600p.

이병주, 김유봉, 이승렬, 김정찬, 강필중, 최현일, 진명식, 1999, 서울-남천점(1:250,000) 지질도 및 지질설명서, KR-99(S)-1, 한국지질자원연구소, 64p.

2010년 4월 23일 원고접수, 2010년 8월 18일 게재승인

이병주

한국지질자원연구원 지구환경연구본부
305-350, 대전시 유성구 과학로 32
Tel: 042-868-3042
Fax: 042-868-3413
E-mail: bjlee@kigam.re.kr

선우춘

한국지질자원연구원 지구환경연구본부
305-350, 대전시 유성구 과학로 32
Tel: 042-868-3235
Fax: 042-868-3411
E-mail: sunwoo@kigam.re.kr

채병곤

한국지질자원연구원 지구환경연구본부
305-350, 대전시 유성구 과학로 32
Tel: 042-868-3052
Fax: 042-868-3413
E-mail: bgchae@kigam.re.kr