

옥천계 분포지 추부-대전 간 국도 대절토 사면의 Face Mapping 사례 The example of face mapping on rock slope at Chubu-Daejeon national road

이병주¹⁾, Byung-Joo Lee, 채병곤²⁾, Byung-Gon Chae, 이경미²⁾, Kyoung-Mi Lee

¹⁾ 한국지질자원연구원 지질기반정보연구부, Dept. Geology and Geoinformation, KIGAM

²⁾ 한국지질자원연구원 지질환경재해연구부, Dept. Geological & Environmental Hazard, KIGAM

SYNOPSIS : At new constructing national road, a cutting slope was surveyed and gotten face mapping for three months. The slope is composed of gray phyllite and coaly slate which is the Chang-ri Formation, Okcheon system. The slope angle is 40 degree and the direction is NNE. The attitude of schistosity is 260°/45°. So the slope direction is nearly parallel to the schistosity. This is the reason that the slope is very unstable. On the other hand, the very unstable slope is caused by the direction of the schistosity and the slope. First month the coaly slate was slided through the schistosity plane about 10cm. However, three months late the displacement was 2m maximum.

Key words : Face mapping, Sliding plane, Chang-ri formation, Schistosity

1. 서 언

본 연구는 건설교통부 도로관리과-453호('04. 02.20) 문서와 관련하여 대전지방국토관리청에서 추부-대전 간 및 두마-반포 간 도로확장 및 포장공사 현장의 사면을 절토사면 현황도(Face Map) 작성 시범실시 구간으로 선정하였다. 이에 관련하여 추부-대전 간 도로확장 및 포장공사를 시공 중인 OO건설 주식회사로부터 이 구간 중에서 STA.4+420~4+640, STA.6+260~6+400 및 STA.6+840~7+120의 3절토사면에서의 절토사면 현황도(Face Map) 작성을 제의 받아 조사를 실시하였다.

본 연구는 기존의 절토사면을 과학적으로 관리하기 위하여 CSMS(Cut Slop Management System) 체계를 구축, 일반국도 상의 절토사면을 D/B화하여 관리하고 있으나, 건설된 기존의 절토사면은 녹화 등으로 원 지반이 덮여있는 상태로 정확한 지질조사가 어려우며, 건설당사의 참고 자료가 없는 상태에서 관리기관에 인수 인계 되므로 절개면 정비사유 발생 시 안전검토를 위한 새로운 현황조사를 실시하여야 하나 정확한 조사가 불가능하다. 이에 따라 절토사면의 효율적 관리를 위하여 건설당사 사면의 지질상태 등 현황을 기록한 절토사면 현황도(Face Map)를 작성 도로공사 준공 후 도로관리 기관에 인계하여 절토사면 보수 정비 사용 시 안전검토의 기초 자료로 활용하게 한다 (구호본 외 2004).

절토사면 현황도(Face Map)를 작성하는 구역은 추부-대전 간 국도37호가 지나는 충남 금산군 추부면 추정리에서 대전시 동구 삼괴동에 위치한다. 이 공사 구간에서 위치한 STA.4+420~4+640, STA.6+260~6+400 및 STA.6+840~7+120의 3절토사면에서 조사를 실시하였다. 현장조사는 2004년 5월부터 6월, 7월, 8월까지 매달 한차례씩 4회 현장을 방문하여 사면의 변화를 조사, 기재하였다.

현장조사는 각각 사면의 전체 상황을 보여주는 사진을 찍어 합성한 절토사면 전경을 작성하였으며, 사면의 시점 및 종점부의 위도 및 경도를 GPS를 이용하여 좌표를 읽어 기재하였다. 또한 절토사면의

연장 및 이격거리, 절토사면 높이, 절토사면 방향과 절토사면의 암상, 절리, 단층 및 엽리 등의 불연속면들과 풍화정도를 측정하여 표시하였다.

2. 지형

본 연구지역은 행정구역상 충청남도 금산군 동부의 추부면 추정리에서 대전광역시 옥계동에 이르는 지역으로 대전-통영간 고속국도를 따라 분포하며 축척 1:50,000 대전지형도의 동측에 위치하고 있다. 본 지역은 차령산맥과 소백산맥 사이에 위치하는 옥천층군의 북쪽으로 이 지역에서 가장 높은 산지 지형으로 이루어져 있다. 이 지역의 동측에는 식장산, 망덕봉, 국사봉, 도덕봉의 높은 산지로 주로 N30°E 방향의 남북으로 길게 잇는 산계가 발달되어 있다. 이 산계는 변성퇴적암류의 편리방향과 대부분 일치하며, 동쪽에 비해 서쪽이 상대적으로 낮고 완만한 형태를 이루고 있다. 추정리에서 요광리에 이르는 지역은 200m 이하의 낮은 구릉 지형을 이루고 있으며 이는 중생대 흑운모 화강암이 분포하여 암종차에 이르는 풍화작용으로 인하여 형성된 것으로 판단된다. 본 지역의 수계는 특별한 발달 상황은 볼 수 없으나 남북으로 길게 잇는 산계의 영향을 받아 간계의 방향과 거의 평행을 이루는 남북방향으로 흐른다.

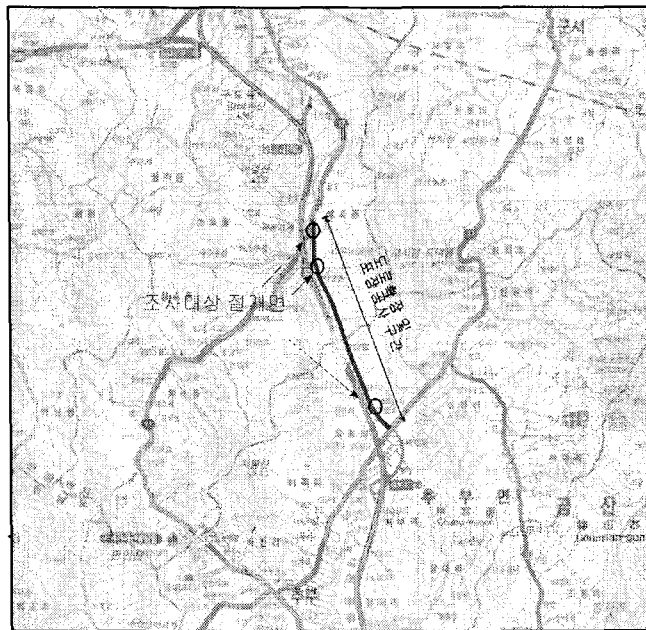


그림 1. 조사대상 지역의 위치도

3. 지질

연구대상 사면이 위치한 주위를 구성하고 있는 암석은 주로 옥천층군과 중생대에 관입한 화성암류들이다. 옥천층군은 시대미상의 암석으로 분류되고 있으며 마전리층과 창리층이 분포하고 있다. 마전리층과 창리층은 경계가 불규칙하고 설상(Intertongue)으로 접하고 있으며 복잡한 습곡운동과 화성암류의 관입 절단으로 인해 그 연관성을 파악하기가 곤란하다. 중생대 화성암류는 쥬라기 화강암류와 백악기 석영반암류인 반삼성암류가 분포하고 있다.

3.1 마전리층

마전리층을 구성하고 있는 암석은 결정질 석회암, 석회질 슬레이트, 석회규산염암 등이며 이들은 보통 서로 교호하여 나타난다. 교호면은 마전리층의 엽리면과 사교하는 것이 일반적이거나 때때로 평행하기도 한다. 결정질 석회암은 주로 암회색 또는 회백색을 띠며 풍화면은 부분적으로 층상상을 보여주기도 한다. 석회규산염암은 암회색 석회암과 호층을 이루며 나타나거나 마전리, 비례리 부근에서 화강암체의 저부를 따라 나타나기도 한다. 이 암석은 담녹색이고 치밀하여 일견 쳐-트질 암석인 것처럼 보이지만 엽상구조의 발달과 변성광물의 존재 등으로 미루어 석회질 암석이 변성되어 생성된 것이 확실하다. 화강암체의 접촉부이나 화강암체 내에 포획되어 있는 경우가 많다. 석회규산염암은 진산면 오항리 외일양 일대에서 층리면이 40°, 008°~73°, 037°, 건천리 일대에는 38°, 000°32°, 010°, 가오리 일대에서는 65°, 036°, 활골 부근에서는 30°, 030°67°, 037°로 나타난다. 무능리 북동부 일대에서는 50°, 023°31°, 067°, 49°, 117°~27°, 145° 그리고 36°, 290°~49°, 300° 등으로 약간 불규칙하다. 상역평 서부에서 일차 선구조는 22°, 109°로 나타난다. 석회암은 읍내리 부근에서 층리면이 53°, 357° 정도에서 남동쪽으로 갈수록 35°, 034°로 변동된다. 임정리에서는 약간 불규칙하나 50°, 006°~23°, 014°이 주로 되어 있고 만악리 서쪽에서는 33°, 006°~47°, 023° 용지리 부근에서는 30°, 330°~71°, 343°으로 나타나나 동쪽에 포획체로 남은 곳에서는 매우 불규칙하다. 일차 선 구조는 17°, 294°~30°, 333° 정도로 나타난다. 이차 엽리는 북동부에서 44°, 316° 정도로 나타난다. 삼차 엽리는 42°, 010°, 68°, 060°, 69°, 216°, 77°, 238° 등 대체로 북서서의 주향을 가지고 있다.

3.2 창리층

창리층의 주 구성 암석은 흑색 천매암 내지 흑색 점판암이다. 진산면 목산리, 벌곡면 수락리, 양촌면 신기리 일대에서는 부분적으로 함탄대(Coal Measure)를 가지고 있기도 하다. 이층은 흑색 변질 셰일, 탄질 셰일, 담회색 결정질 석회암, 각섬암, 운모질 천매암, 운모편암 등을 부분적으로 포함한다. 구성광물은 속영, 장석, 흑운모, 각섬석, 녹염석, 견운모, 탄질물, 불투명 광물 등으로 되어있다. 전체적으로 미립 조직으로 운모류가 압연 배열되는 경향을 이루어 엽리를 발달시켰다. 창리층이 넓게 분포되는 것은 지질 경계의 불규칙성과 습곡으로 반복되었기 때문이다. 벌곡면 수락리 일대에서 층리는 52°, 301°~55°, 320°을 이루고 있는데 이것은 우세한 방향이다. 여기서 일차 선구조는 50°, 270°~53°, 297° 정도이다. 이와는 대조적으로 양촌면 신기리 부근에서는 70°, 165°~30°, 121° 정도로 층리가 변동되어 비틀림(Torsion)을 보인다. 진산면 목산리 일대에서는 53°, 357°~33°, 034° 정도로 변동되는 것은 3차 습곡에 의한 것으로 보인다.

3.3 조립 및 중립질 흑운모화강암

본 암은 대전시 남부의 보문산을 중심으로 하여 서로는 기성면 흑석리, 평촌리 일대, 두마면 농소리, 왕대리 일대에 분포되며 동부의 추부면 마전리 일대에도 분포한다. 주로 흑운모 화강암으로 구성되어 있으나, 진산면과 남이면 일대 옥천층군과 접하는 일대에서는 가끔 각섬석을 함유한다. 이것은 보통 화강암으로서 중립질 입상석리(Granular Texture)를 가지고 있다. 또한 일부에서는 가끔 반상 석리(Porphyrict Texture)를 이루기도 한다. 유색광물은 소량이고 장석의 색깔의 영향으로 거의 백색을 나타낸다. 구성광물은 석영, 정장석, 사장석, 흑운모, 각섬석 등이 주로 되어 있다. 흑운모 화강암은 옥천군 일대에서 금산군 부리면 일대에 이르는 지역에 넓게 분포되는 저반(Batholith)의 일부이다.

3.4 석영 반암

대둔산을 위시한 도폭 서부 일대는 석영 반암으로 되어있고 대둔산 남서 능선에서는 화강 반암상을 나타내기도 한다. 금산 도폭 동부 일대에서는 주로 미문상 반암(Granophyre)상을 이룬다. 석영 반암은 세립질 바탕(Matrix)에 3mm 정도의 석영 또는 장석 반정을 가지고 반상조직을 보인다. 미문상 반암은 보통 담황색, 홍색, 담회색 등을 띠는 세립질 입상 석리를 이루고 가끔 반상 석리를 보이기도 한다. 장석과 석영은 미문상 연정(Micrographic intergrowth)과 구과상 석리(Spherulithic Texture)를 이루는 것이 특징이다. 석영 반암은 운주면 경천리 부근에서 진산면 행정리 부근까지는 북북동 대상으로 분포되었다. 진락산 남부에서는 북동 그 북부에서는 북서 대상으로 분포되어 있다.

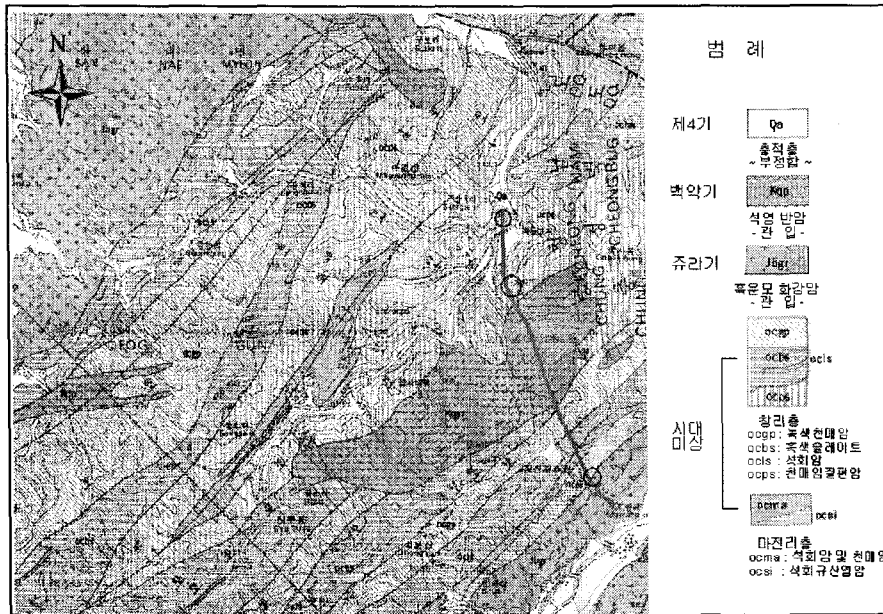


그림 2. 조사대상 지역 일대의 지질도 (이상만 외, 1980)

4. 3개 사면의 절토사면 현황도(Face Map) 작성

절토사면 현황도(Face Map)는 추부-대전 간 국도 37호 중, 충남 금산군 추부면 추정리에서 대전시 동구 삼괴동에 위치하며 이 공사 구간의 STA.4+420~4+640, STA.6+260~6+400 및 STA.6+840~7+120의 3개 절토사면에 대해 작성되었다.

4.1 STA. 4+420 ~ 4+640 지점 사면

이 구간은 마달터널 종점부에 연이어 있는 사면으로 총연장 220m이며 최고 사면의 높이는 35.0m이며 사면의 방향의 서쪽으로(270도 방향)향하고 있으며 평균 사면 경사는 약 70도이다. 이 사면은 옥천층군의 마전리층에 해당하는 석회암과 Station 4+500 지점부터는 중생대에 석회암을 관입한 산성암맥 및 흑운모화강암으로 이루어진 사면이다 (그림 3, 4).

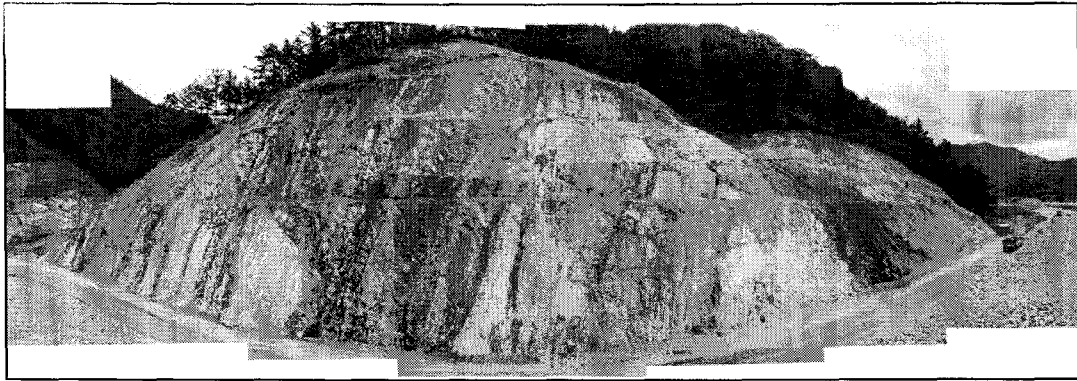


그림 3. STA. 4+420 ~ 4+640 지점의 전경사진

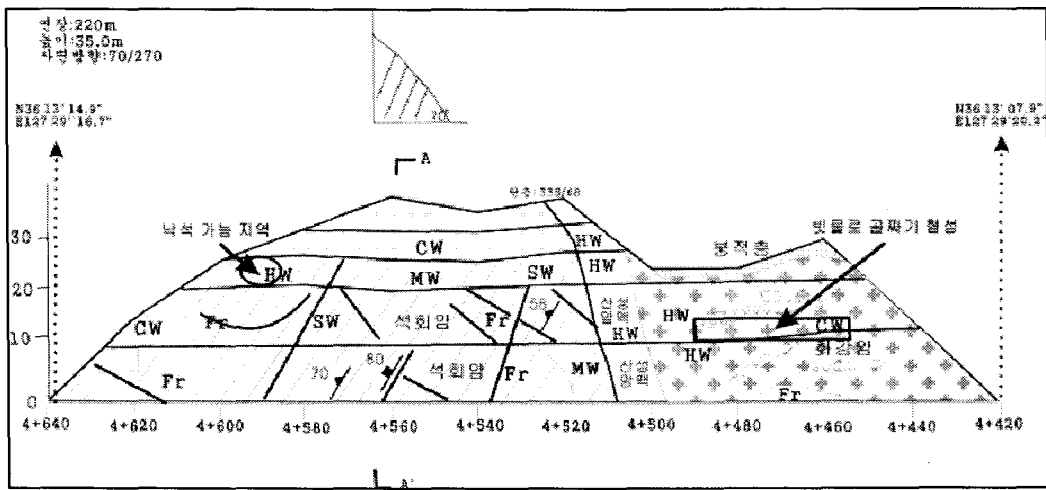


그림 4. STA. 4+420 ~ 4+640 지점의 face map

본 사면에서 석회암의 엽리는 그림 5, a에서 보여주는 바와 같이 북동 내지 동북동방향의 주향에 70도 내외의 경사각으로 북서쪽으로 경사져 있다. 또한 이 사면에서 측정된 절리 및 단층들은 북동방향의 주향에 70-85도 경사각을 가지며 북서쪽으로 경사진 것들과 북서방향의 주향에 70-85도 경사각을 가지며 북동쪽으로 경사진 것들이 우세하게 발달 한다 (그림 5, b).

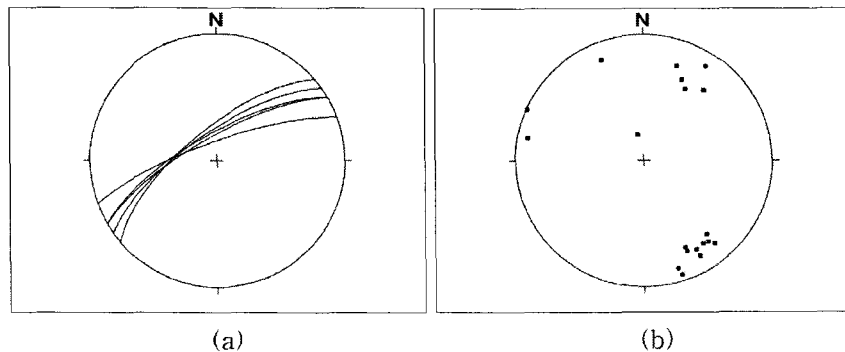


그림 5. STA. 4+420~4+640 지점에서 석회암내 발달하는 엽리면(a) 및 단층 및 절리면의 극점(b) (등면적망의 하반구 투영)

5월부터 8월까지 매월 사면을 매달 사면현황도를 작성하며 모니터링한 결과 석회암 부분에서는 4+590 ~ 4+600지역의 사면 상부에서 낙석이 발생하였다 (그림 6). 또한 4+4450 ~ 4+490의 화강암 지역에서는 빗물로 사면에 작은 골짜기가 만들어 졌다 (그림 6).

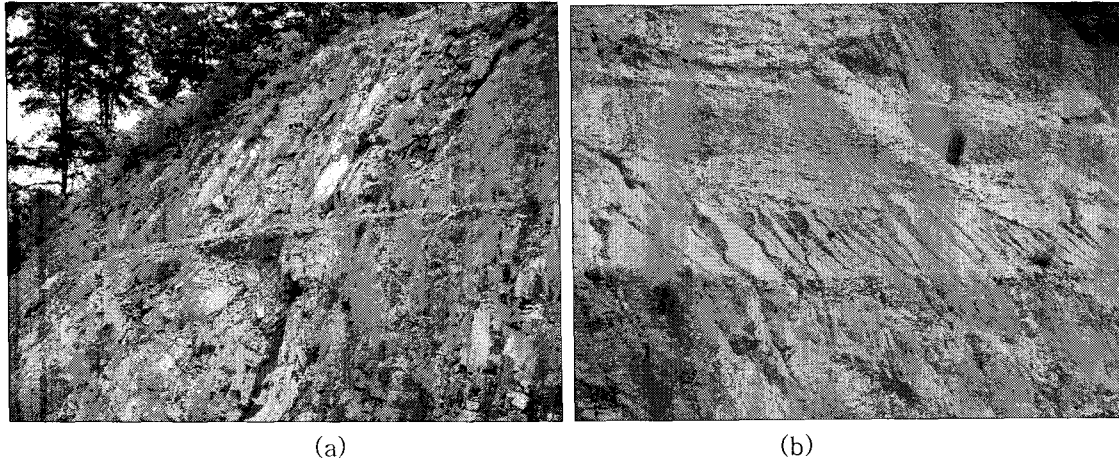


그림 6. 상기 face map 상의 낙석 가능 지역 (a) 및 빗물로 골짜기를 형성하는 사면 (b)의 사진

4.2 STA. 6+260 ~ 6+4000 지점 사면

이 구간의 사면은 총연장 140m이며 최고 사면의 높이는 22.0m이며 사면의 방향의 동남동쪽으로 (110도 방향)향하고 있으며 평균 사면 경사는 약 70도이다. 이 사면은 옥천층군의 창리층에 해당하는 암회색 천매암 및 탄질슬레이트로 이루어진 사면으로 사면 전체가 HW 및 CW로 층리와 평행한 벽계 (cleavage)가 발달한다.



그림 7. STA. 6+260 ~ 6+400 지점의 전경사진

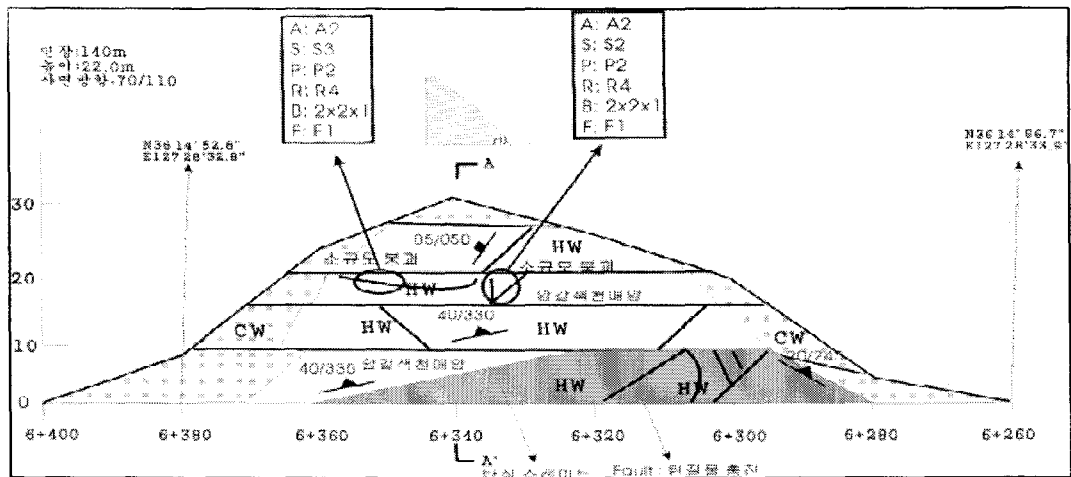


그림 8. STA. 6+260 - 6+400 지점의 face map

천매암 엽리는 그림 8에서 보여주는 바와 같이 북동 방향의 주향에 20-30도 내외의 경사각으로 북서쪽으로 경사진 것이 우세하며 북서방향의 주향에 20-30도 내외의 경사각으로 남서쪽으로 경사진 것들이 있다 (그림 7, a). 또한 이 사면에서 측정된 절리 및 단층들은 남북 내지 북북서 방향의 고각의 것들과 북동방향의 주향에 남동방향으로 30도 내외로 경사진 것들이 우세하게 발달 한다 (그림 7,b).

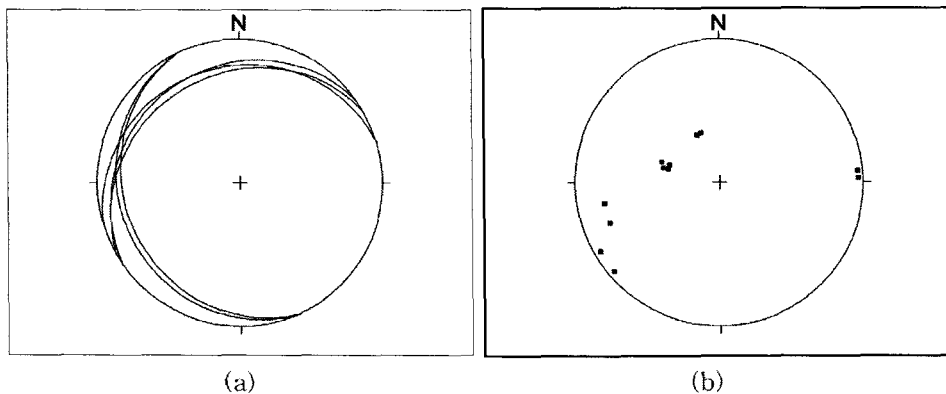


그림 7. STA. 6+260~6+400 지점에서 천매암내 발달하는 엽리면(a) 및 단층 및 절리면의 극점(b) (등면적망의 하반기 투영)

4.3 STA. 6+840 ~ 7+120 지점 사면

이 구간의 사면은 총연장 280m이며 최고 사면의 높이는 67.6m이며 사면의 방향의 북북서쪽으로 (250도 방향)향하고 있으며 평균 사면 경사는 약 40도이다. 이 사면은 옥천층군의 창리층에 해당하는 암회색 천매암 및 탄질슬레이트로 이루어진 사면으로 금번 조사 연구한 3개의 사면 중에서 가장 불안정한 사면이다.

천매암의 엽리는 그림 8.a에서 보여주는 바와 같이 북동 내지 북북동방향의 주향에 45도 내외의 경사각으로 북서쪽으로 경사진 엽리와 북북서방향의 주향에 45도 내외의 경사각으로 북동쪽으로 경사진 엽리가 있으며, 이는 이들 엽리면들이 습곡작용을 받았음을 제시하고 있다. 또한 이 사면에서 측정된 절리 및 단층들은 북동방향의 주향에 70-85도 경사각을 가지며 북서쪽으로 경사진 것들과 북서방향의 주향에 70-85도 경사각을 가지며 남서쪽으로 경사진 것들이 우세하게 발달한다 (그림 8, b)

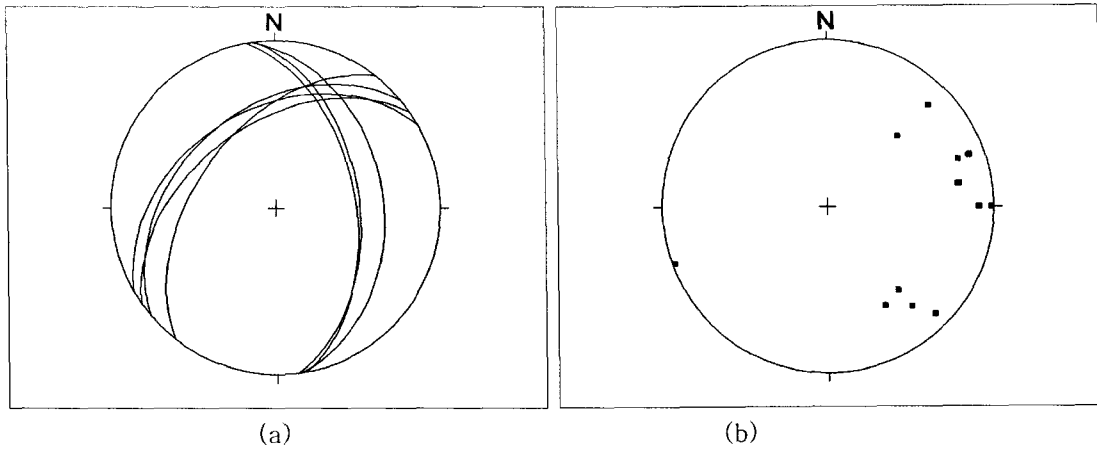


그림 8. STA. 6+840~7+120 지점에서 천매암내 발달하는 엽리면(a) 및 단층 및 절리면의 극점(b) (등면적망의 하반구 투영)

이 사면에서 5월 조사 시에 STA. 7+010 지점의 탄질슬레이트가 분포하는 지역에서 인장 균열이 발달함이 관찰되었으며 이 균열의 주향 방향은 사면의 방향과 슬레이트의 엽리의 주향방향과 모두 일치하였다 (그림 9, a). 그 후 6월에는 이 곳에 sliding이 진전 되었으며 사면 정상부에 약 2m의 변위를 가지는 사태가 발생하였다 (그림 9, b)

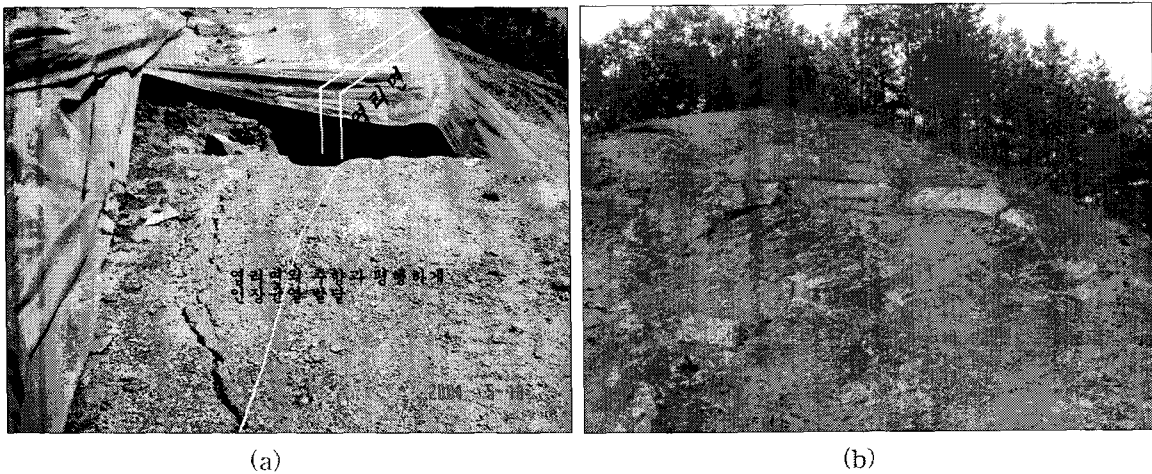


그림 9. STA. 7+010 지점 위에서 3번째 소단에서, 탄질슬레이트의 엽리면과 평행하게 인장균열 발달하며 (a), 사면 정상부에서 2m의 낙차를 보이며 사태가 발생한 부분

이래 그림10과 그림 11은 7월 조사 시의 사면 전경 및 Face map 으로 사면 전체가 3-4개의 slip plane을 따라 최고 3m의 변위를 보이며 6월 보다 약 1m정도 더 변위를 가지고 움직이고 있음이 확인되었다. 이와 같이 본 사면에 대규모 사태가 발생하는 원인은, 사면의 방향과 옥천계 창리층 인 변성퇴적암의 엽리의 방향이 거의 일치하여 대개 붕괴현상이 엽리면과 평행한 slip plane을 가지면서 일어난다. 또한 탄질 슬레이트 및 셰일 및 이암이 변성작용을 받아 형성된 슬레이트가 습곡, 단층 등의 변형작용을 겪어 면서 절리 및 단층 등에 의한 불연속면 발달과 탄질슬레이트가 우기 시 빗물을 머금어 팽창하는 현상도 붕괴가 일어나는 주요 원인이다. 이러한 결과는 본 사면의 맞은편 사면 즉 사면의 경사 방향이 엽리의 경사방향과 반대인 사면은 상대적으로 안정하였다.

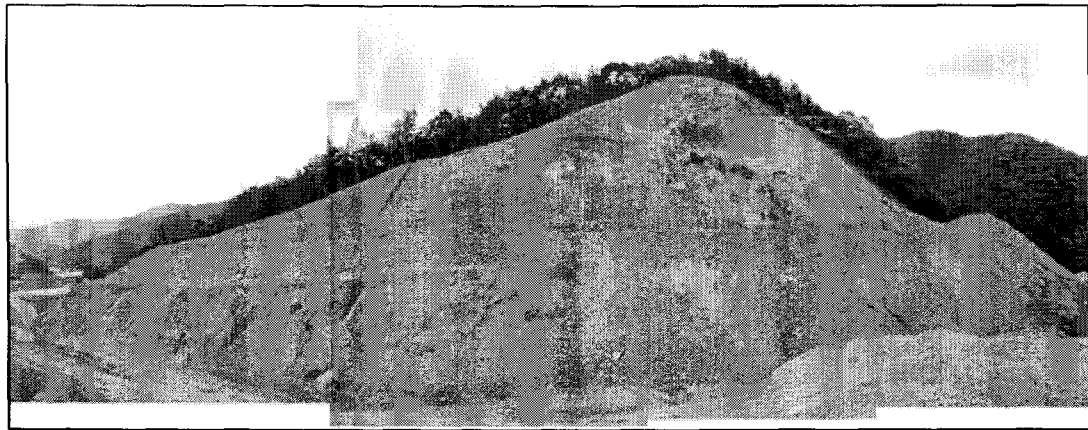


그림 10. STA. 6+840 ~ 7+120 지점의 전경사진

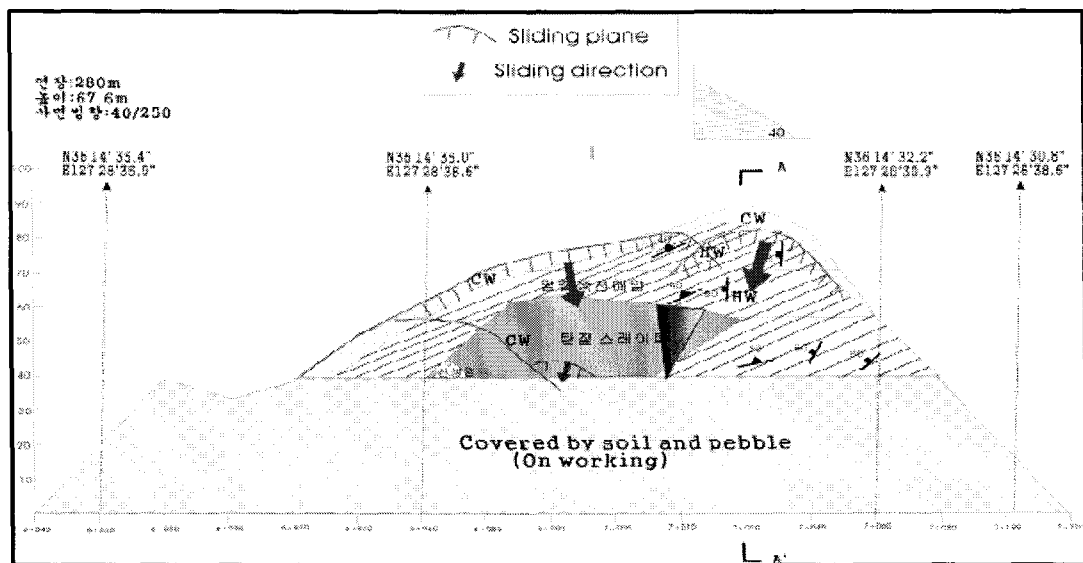


그림 11. STA.6+840 ~ 7+120 지점의 face map

5. 결론

본 연구는 추부-대전 간 도로확장 및 포장공사를 시공 중인 구간에서 STA.4+420 ~ 4+640, STA.6+260 ~ 6+400 및 STA.6+840 ~ 7+120의 3절토사면에서의 절토사면 현황도(Face Map) 작성을 제의 받아 조사를 실시하였다.

STA. 4+420 ~ 4+640 지점 구간은 마달터널 종점부에 연이어 있는 사면으로 총연장 220m이며 최고 사면의 높이는 35.0m이며 사면의 방향의 서쪽으로(270° 방향)향하고 있으며 평균 사면 경사는 약 70°이다. 이 사면은 옥천층군의 마전리층에 해당하는 석회암과 Station 4+500 지점부터는 중생대에 석회암을 관입한 산성암맥 및 흑운모화강암으로 이루어진 사면이다. 석회암의 엽리는 북동 내지 동북동방향의 주향에 70° 내외의 경사각으로 북서쪽으로 경사져 있다. 이 사면은 비교적 안정한 사면이다.

STA.6+260 ~ 6+400 구간의 사면은 총연장 140m이며 최고 사면의 높이는 22.0m이며 사면의 방향의 동남동쪽으로(110° 방향)향하고 있으며 평균 사면 경사는 약 70°이다. 이 사면은 옥천층군의 창리층에 해당하는 암회색 천매암 및 탄질슬레이트로 이루어진 사면이다. 천매암 엽리는 북동 방향의 주향에 20-30° 내외의 경사각으로 북서쪽으로 경사진 것이 우세하며 북서방향의 주향에 20-30° 내외의 경사각으로 남서쪽으로 경사진 것들이 있다. 또한 이 사면에서 측정한 절리 및 단층들은 남북 내지 북북

서 방향의 고각의 것들과 북동방향의 주향에 남동방향으로 30° 내외로 경사진 것들이 우세하게 발달한다.

STA.6+840 ~ 7+120 구간의 사면은 총연장 280m이며 최고 사면의 높이는 67.6m이며 사면의 방향의 북북서쪽으로(250° 방향)향하고 있으며 평균 사면 경사는 약 40°이다. 이 사면은 옥천층군의 창리층에 해당하는 암회색 천매암 및 탄질슬레이트로 이루어진 사면이다. 천매암의 엽리는 북동 내지 북북동방향의 주향에 45° 내외의 경사각으로 북서쪽으로 경사진 엽리와 북북서방향의 주향에 45도 내외의 경사각으로 북동쪽으로 경사진 엽리가 있으며, 이는 이들 엽리면들이 습곡작용을 받았음을 제시하고 있다. 이구간은 불연속면의 경사와 사면의 경사가 동일하여 매우 불안정한 사면을 이루고 있어 보강이 요구되는 곳이다.

참 고 문 헌

1. 구호본, 백용, 정하익, 마상준, 이석원, 김진만, 이성원, 이영수, 광기석, 이대영, 장수호(2004) “2003년도 도로절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용” 건설교통부, PP. 358
2. 이상만, 김형식, 나기창(1980) “대전도폭 지질도 및 짓르설명서” 자원개발연구소, pp. 26.