지반공학이야기(Ⅱ)

퇴적암지역 현장조사를 마치고

김영근*

암반역학위원회(위원장:신희순)는 지난 5월 21일~5월 22일에 걸쳐 경상도내 퇴적암지역에 대한 현장조사를 실시하였다. 이지역은 사면붕괴가 있어났거나, 붕괴위험성이 존재하고 있는 상태로, 방송에 보도된 곳도 있어 지반공학에 관심이 있는 기술자들에게는 흥미있는 사례가 될 것으로 생각되어 이에 대해 간략히 소개하고자 한다.

1. 퇴적암지역 현장조사

이번 조사에서는 표에서 보는 바와 같이 3개 지역에 대한 현장답사 및 조사가 이루어졌다.

표. 퇴적암 지역 현장조사

지 역	공 사	비 고
포항지역	포항-구룡포간 도로공사	사면붕괴후 사면안정공사 예정
대구지역	중앙고속도로 공사	대절취 암반사면
칠곡지역	소규모 도로공사	산사태 발생후 재해지구로 지정

1.1 포항지역

본 지역은 경상북도 포항시 구룡포~읍영일군 동해면에 위치하고 있으며, 현재 포항-구룡간 국도공사가 진행중에 있다. 본 지역은 신생대 제 3기 양북누층군 장기군층에 해당하며, 양북누층군은 크게 범곡리층과 장기층군으로 세분된다. 상부에는 부정합을 경계로 Middle Miocene 북천역암, 사암, 셰일로 구성된 연일층군이 분포하고, 하부에는 퇴적암과 화성암이 분포한다.

본지역의 암반사면은 주로 장기층군의 기저인 장기역암과 응회암, 이암 등으로 구성되어 있다. 특히 이암의 경우 단위중량이 작고, 물을 함유하게 급격히 약화되어 작은 충격에도 쉽게 부스러지지며, 약 1~5mm 정도의 층리가 잘 발달되어 있고 층리간도 쉽게 분리됨을 확인하였다. 본 지역의 퇴적암들은 강도가 풍화암이하에 해당하는 연약한 암반으로 층리를 다수 포함하고 있으며, 물을 함유하는 경우 연약화되는 역학적인 특성을 가지고 있다.

이 지역에서는 절토사면 구간중 일부사면이 붕괴되어(사진 1), 사면하단부의 U-형 측구와 논경지를 손상시켰다(사진 2). 사면붕괴는 그림 1에서 보는 바와 같이 원호파괴의 형태를 띠었다. 붕괴의 원인은 절토에 의해 응력해방이 이루어지고, 노출된 퇴적암이 급속히 풍화되고 점토화가 진행되어 매우 연약해진 상태에서 집중호우가 초래한 급격한 지하수위의 상승으로 인한 전단응력 감소 때문인 것으로 추정된다. 현재는 정밀안전진단이 완료되어 사면안정공사에 들어갈 예정으로, 사면을 안정화 시키기 위해서 사면활락부를 절취 경사를 1:1.5로 완화하고 억지말뚝을 시공하는 것으로 하였다.

* 정회원, (주)대우 건설기술연구소, 선임연구원

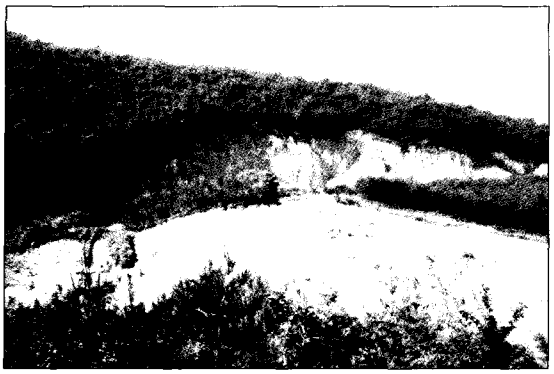

사진 1. 퇴적암지반에서의 사면붕괴 현황

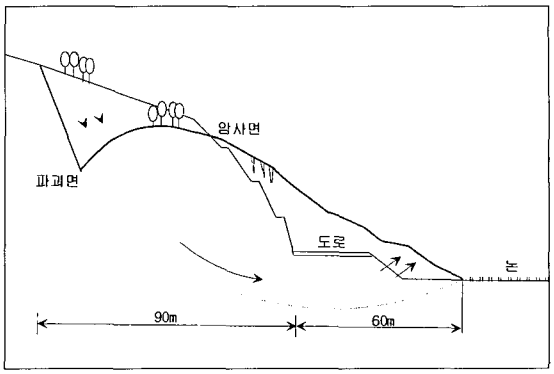

그림 1. 개략적인 원호파괴의 단면도

사진 2. 사면붕괴에 의한 하단부 U-형 측구와 논경지 손상현황

사진 3. 지반함몰과 인장균열의 모습

사면붕괴가 발생된 주변지역에 대한 조사결과, 산뒤편의 지역에도 지반의 부분적인 함몰과 이동이 조사되었으며, 특히 바로 옆의 절취사면의 뒤쪽에도 사진 3에서 보는 바와 같은 지반의 함몰과 인장균열들이 나타나 있어, 이 지역에 대한 세밀한 지반조사를 바탕으로 이러한 원인분석과 사면의 안정성 및 안정화방안을 검토하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

1.2 대구지역

본 지역은 대구시 북구 읍내동에 위치하고 있으며, 현재 중앙고속도로 공사가 진행중에 있다(사진 4). 그림 2에서 보는 바와 같이 대규모 절취가 이루어진 상태이다. 본 지역은 중생대 경상누층군중 하양층군의 칠곡층에 해당한다. 칠곡층은 진주층, 신라역암층과 접하고 있으며, 이 층의 주향과 경사는 N50~60° E, 20SE이다. 칠곡층의 특징은 적갈색의 사암이 특징적인 암상을 이루고 역암, 셰일, 실트스톤이 나타나고 있으며, 간혹 녹회색 또는 암회색의 사암층도 협재되어 있다. 하부상부서의 역암층은 화산암력을 함유하고 있으며, 중부에는 적잘색 사암과 셰일이 호층을 이루고 있다.

본 지역의 암반은 수십cm 간격의 층리가 발달되어 있으며(경사 20도 내외), 암석내에도 다수의 층리가 존재하고 쉽게 분리되는 특징을 보이고 있다(사진 5). 또한 층리에 수직한 방향으로도 일정한 간격의 절리군(경사 80도 내외)이 3개 정도 존재하여 수직절리의 형태를 띠고 있었다(사진 6).

사진 4. 절취된 암반사면의 모습

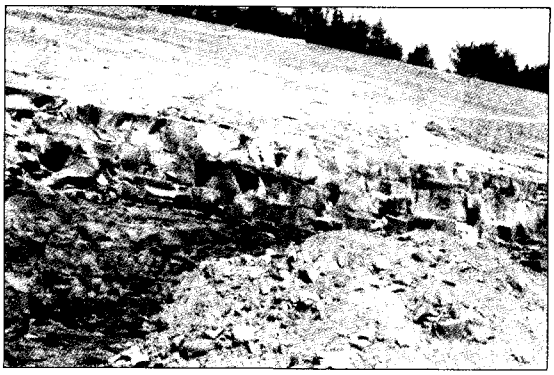

사진 5. 사암과 세일층에서의 판상절리

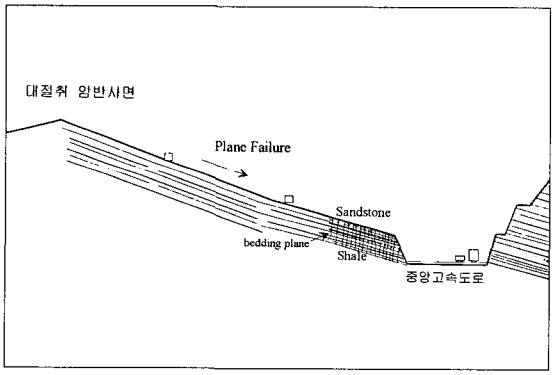

그림 2. 대구지역 암반사면의 단면도

사진 6. 수직절리

사면의 경사방향(dip direction)과 층리의 경사방향이 일치하여 사면의 경사를 층상절리의 경사 20도에 맞추어 사면의 안정성을 확보할 수밖에 없었으며, 이런이유로 산정상부까지 대규모 절취가 이루어져 있었다. 또한 노출과 습윤건조상태의 반복으로 인하여 암석파편이 많이 발생하였고(사진 7), 이들의 활동을 차단하기 위하여 콘크리트블럭이 중간에 설치되어 있었다. 이와는 반대로 길넌너편 사면의 경우 동일한 암반절리 조건임에도 불구하고 경사방향이 달라 암반사면의 정상적인 구배를 유지하고 있음을 볼 수 있다.

본 암반사면의 경우 암반의 구성상태와 절리의 조사가 암반사면의 안정성 평가시 얼마나 중요하며, 암반사면에 대한 절토공사시 암의 연경뿐만 아니라 암반에 대한 공학적 평가나 판단이 전문가를 통해서 이루어져야 하는가를 보여주는 좋은 사례라 할 수 있다.

1.3 칠곡지역

본 지역은 경북 칠곡군 지천면에 위치하고 있으며, 1998년 산사태가 발생한 이후 붕괴위험지구로 지정되어 정밀조사중에 있다. 본 지역은 중생대 백악기 경상누층군내의 하양층군의 낙동층의 사암과 셰일로 구성되어 있다. 사암은 주로 밝은 회색을 띠며 입자는 중간정도로 구성성분은 석영과 장석이다. 세일은 암회색을 띠며 박리성이 잘 발달되어 있다.

본 지역의 암반은 수십cm 간격의 층리가 심하게 발달되어 있으며(경사 17도 내외), 암석내에도 수

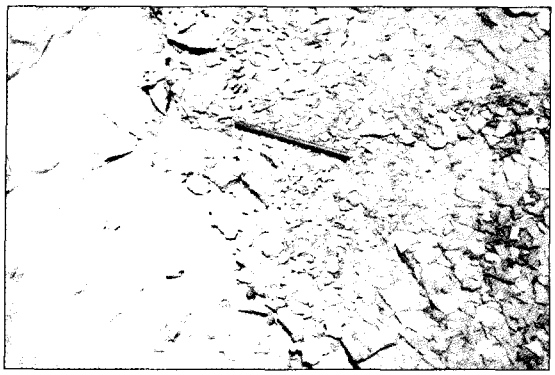

사진 7. 부스러진 암석파편

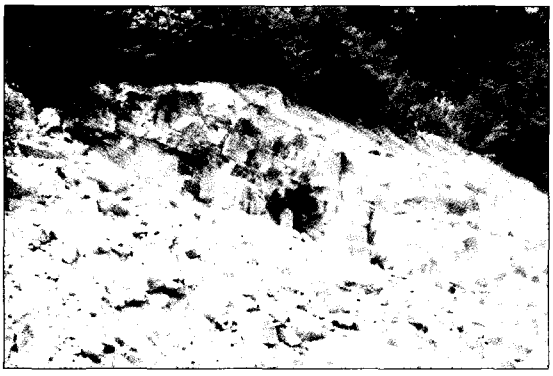

사진 8. Blocky 한 암반사면

사진 9. 붕괴되어 갈라진 암반사면

사진 10. 대규모 사면붕괴의 모습

mm 간격의 층리가 존재하고 손으로도 쉽게 분리되는 특징을 보이고 있다. 또한 층리에 수직한 방향으로도 일정한 간격의 절리군(경사 85도 내외)이 2개 정도 존재하여 bloky한 상태를 보여주고 있다(사진 8). 암석의 강도는 매우 연약하고 풍화토-풍화암에 해당되었으며, 상당부분 분해된 상태를 유지하고 있었다.

사면붕괴는 1998년 9월경에 발생하였는데, 현장 답사결과, 붕괴의 규모와 정도에 놀라지 않을 수 없었다. 붕괴의 원인은 아직 명확히 규명되지는 않았으나, 본 지역은 사면의 경사방향으로 다수의 층리가 발달되는 상태에서 도로를 확장하기 위해서 암반을 절취하면서 사면의 움직임을 야기하였고, 암반이 층리면을 따라 갈라지거나 수직절리를 따라 이동하는 붕괴를 유발하게 되었으며, 갈라진 틈으로 우수 등이 유입되면서 더욱더 붕괴가 진행된 것으로 추정된다. 사진 9에는 사면이 붕괴된 모습으로 잘 발달된 층리를 볼 수 있으며, 판체가 끊어져 있는 상태로 부분적인 토플링도 관찰된다. 사진 10에는 산정상부로 갈수록 갈라진 폭과 깊이가 큰, 대규모 사면붕괴의 모습을 보여주고 있다.

이지역에서의 사면붕괴는 방송을 통해서 일반인들에게 알려진 상태로 위에서 언급한 것과는 다른 의견이 있을 수 있으므로 보다 자세한 현장조사를 통해서 그 원인을 분석하고 적절한 안정대책이 수립되어야 할 것이다.

2. 현장조사를 마치면서

이번 퇴적암 지역 현장조사에는 약 30여명의 엔지니어와 대학원생이 참가하였다. 연휴기간이라 이미 참석을 신청한 사람들의 이탈을 우려하기도 하였지만 바쁜 와중에도 모두들 암반에 대한 공학적 관심을 가지고 참석하였으며, 한국건설기술연구원의 홍성완 박사님께서도 바쁘신 와중에도 참석하시어 본 행사를 더욱 값지게 해주셨다.

비교적 빡빡한 일정에도 불구하고 모두들 열심히 설명을 듣고, 메모하고, 사진찍고, 서로 토의하고, 질문하고, 고민하면서 나름대로의 원인분석을 해보는 살아있는 배움의 장이 될 수 있었다. 또한 각계의 엔지니어들과의 만남, 선후배들과 만남, 학계 교수님들과 진로를 고민하는 학생들과의 만남을 통해서 서로의 의견과 생각을 들어볼 수 있는 소중한 만남의 장이 될 수 있었다. 각자의 전공은 다르다 할지라도 암반이라는 하나의 공학적 대상을 위해서 배우고 고민하는 자세속에서 지반공학을 업으로 살아가는 엔지니어로서 또하나의 새로운 가능성을 열고 개척하는 공동의 장이 될 수 있었다.

이번조사는 지난 2년동안 암반역학위원회 활동을 맡아주시던 김교원 위원장과 구호본 간사의 지끔까지의 활동에 대한 보고와 인사가 있었고, 금년부터 본 위원회를 이끌어 갈 신희순 위원장와 김영근 간사의 신임인사가 있었다. 또한 본 위원회가 더욱 왕성하게 활동하고 발전할 수 있도록 열심히 노력하고, 8월에 열릴 ARC의 성공적인 개최를 열심히 뛰자는 다짐도 함께하였다.

지반공학분야는 보고 경험하고 해보는 것이 중요하다고들 한다. 특히 암반분야의 경우, 암석의 구분, 암반절리등의 조사방법, 암반분류 및 평가, 암반사면의 안정성평가 등과 같이 직접 현장조사나 실습을 통하여 배우고 얻을 수 있는 것이 크다고 할 수 있다.

끝으로 현장안내와 자료를 준비해주신 경북대학교 김교원 교수님과 대학원생들, 또한 행사를 준비하면서 모든 궂은일을 도맡아 하신 구호본 전임간사님, 행사를 후원해주신 (주)희송지오택 김기석 사장님에게 감사드리는 바이다.

광고 게재 모집 안내

월간 "地盤"에 게재할 광고를 다음과 같이 연중 수시로 모집하오니 지면을 통하여 회사를 홍보하고자 하는 업체 및 회원은 신청하여 주시기 바랍니다.

-다 음-

(단위: 만원 / 회)

	표지 2, 4	표지 3	내 지
칼 라	60	50	45
흑 백	40	30	25

※ 1년 단위 계약 10% DC
※ 특별회원사 15% DC(1년 단위 계약 10% DC 추가)