

## 터널 굴착면의 디지털 영상을 이용한 암반 절리 특성의 평가

이근채 (대림산업)

김병찬 (베이스스컨설턴트)

김선기 (동운엔지니어링)

### 1. 서론

최근 우리나라의 터널 관련 대형 프로젝트의 증가 추세로 인해 터널 시공 중 공기 단축과 다양한 지반 조건에 대한 대처 능력이 요구되고 있는 상황이다. 반면 터널 시공 중 암반의 상태를 판단하고 적절한 대처를 할 수 있는 경험있는 전문기술자 중 현장에 상주할 수 있는 인력은 매우 부족한 실정이다. 따라서 터널 시공 중 예기치 못한 불량한 지반 조건과 조우하게 되었을 때 신속하고 적절한 대응이 어렵고 외부 전문가의 판단과 시공사, 감리, 발주처 간의 협의를 통한 의사결정 과정의 복잡성으로 인해 조기 대처에 실패하여 상황을 악화시켜 공기 지연의 원인이 되기도 한다.

한편 전자 기술의 발전으로 말미암아 최근 디지털 촬상 소자의 성능이 획기적으로 발전하였으며 산업용으로도 손색없을 고성능 디지털 사진기들이 비교적 염가로 일반에 보급되고 있다. 이같은 전자, 정보 기술의 발전에 따라 이들 기술을 전통적 건설 산업에 융합하려는 다양한 시도들이 있어 왔다.

본 연구에서는 이들 첨단 전자 촬상 소자에 의해 기록된 암반면의 스테레오 디지털 화상을 이용하여 방향성, 간격, 길이 그리고 틈새 간격과 같은 절리의 기하학적 특성을 추출하는 기법을 연구하여 이를 터널 시공 중 암반 평가에 활용하고자 하였다. 터널 시공 중 지반 조건은 일반적으로 RMR, Q와 같은 암반분류법에 의해 정량적으로 평가된다. 이들 암반분류법은 절리 특성에 의한 인자들이 큰 비중을 차지하므로 본 연구의 성과는 디지털 영상을 이용하여 암반분류법에 의거한 암반평가 기법 개발 위한 발판이 될 것이다.

### 2. 영상에 의한 공간 내 물체의 기하학적 특성 분석

영상에 의한 공간 대상물의 정량적인 특성을 추출하고 해석하는 방법은 사진측량과 컴퓨터 비전 분야에서 시작하여 여타 공학 분야에서 적용하기 위해 많은 연구가 수행되어 왔으며 그 해석 방법은 대상물의 형상, 인식도 등에 따라 차이가 있다.

기본적으로 디지털 화상을 이용하여 공간 좌표를 계산하기 위해서는 3차원 공간좌표와 2차원 영상좌표 사이의 관계식인 공선조건식을 활용해 계산하게 된다. 공선조건식에는 촬영장비의 내부요소, 외부요소가 결정되어 변수로 사용된다. 촬영조건으로부터 설정된 디지털 카메라의 초기값과 초기 입력치로 알고 있는 다수의 공간좌표를 이용해 공선조건식을 반복적으로 계산함으로써 최적화된 촬영 계산 요소를 결정할 수 있다. 촬영된 영상 내 임의 점의 공간 좌표를 계산하기 위

해 촬영 계산 요소가 결정된 디지털 카메라에 의해 서로 다른 각도에서 촬영된 한 쌍의 동일한 대상물의 영상을 조합해 대상물의 공간좌표를 계산할 수 있다.

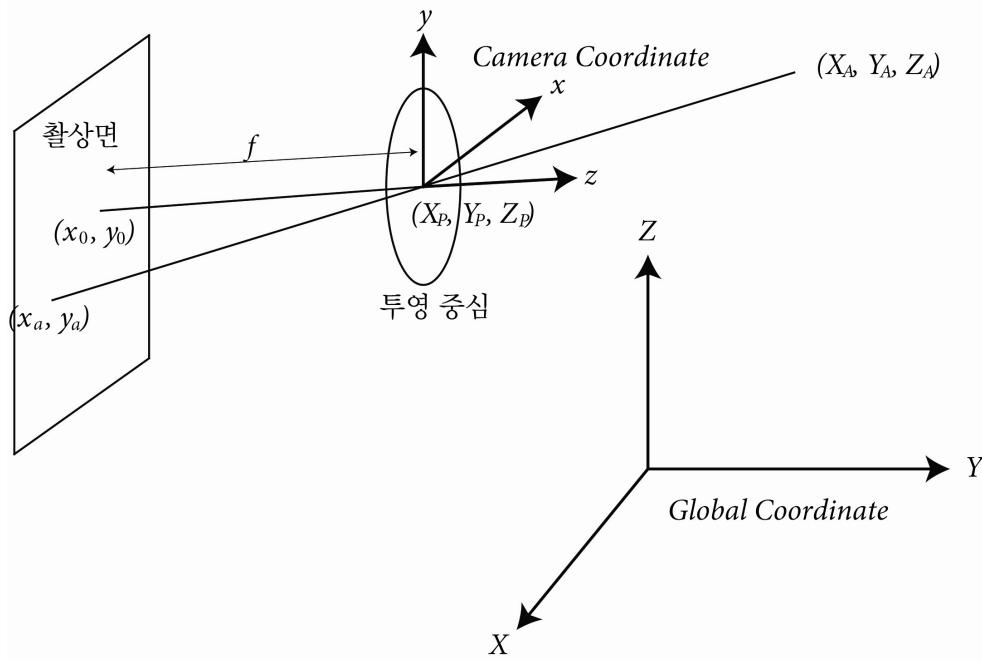


그림 2.1 중심 투영과 사진기 요소

### 3. 터널 막장면 디지털 영상 획득을 위한 촬영 시스템

본 연구에서는 디지털 카메라 2대를 이용해, parallax 공선조건식을 사용해 별도의 기준점없이 터널 굴착면을 촬영할 수 있는 시스템을 구축함으로써 촬영시간을 단축하였다. 35mm 풀프레임 디지털 이미지센서를 적용한 디지털카메라와 화각을 고려해 왜곡이 가장 적은 초점 거리 50mm 렌즈를 사용하여 굴착면을 촬영하였다. 또한 광학거리계와 디지털 나침반을 촬영시스템에 부착하여, 필요한 정보를 얻을 수 있도록 촬영시스템을 구성하였다.

한편 터널 굴착면 촬영에 요구되는 약 400lux 정도의 조도는 터널 현장에서 주로 사용하는 할로겐 램프의 조도가 충분히 이를 만족하므로 터널 현장의 조명을 최대한 활용하고, 부족한 경우 보조 조명을 사용하였다. 조명에 의해 암질을 평가할 수 있는 촬영 사진의 색상이 영향을 받을 경우에는 50% 그레이 카드를 사용해 색상을 보정할 수 있도록 하였다.

### 4. 디지털 화상을 통한 절리의 기하학적 특성 추출

암반평가에 주요한 변수가 되는 절리의 기하학적 특성들은 절리의 방향성, 길이(자취 길이), 간격, 틈새 등이 있다. 이 중 절리의 방향성은 촬영 위치와 각도 등을 달리한 동일한 대상에 대한

2개의 디지털 영상(스테레오 영상)을 통해 추출된 공간 좌표에서 계산할 수 있다.

한편 절리 길이와 간격의 경우는 확인된 절리면의 개수로부터 구한 절리 밀도를 통한 간접적 계산이나 터널 굴착면의 이미지 프로세싱을 통해 분석이 가능하다.

## 5. 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 이상과 같은 절리 특성 추출 기법들을 전산 프로그램으로 작성하여 구현하였으며 영상 촬영 장비와 더불어 터널 시공 중에 활용할 수 있는 암반 평가 시스템을 구성할 계획이다.

이 시스템은 암반 평가의 주요 지표가 되는 절리의 기하학적 특성을 바탕으로 한 암반 평가와 그에 따른 안정성 여부 및 보강 패턴을 신속하게 판단하고 추출된 절리 정보와 암반 평가 결과 그리고 터널 굴착면의 디지털 영상을 조합하여 터널 막장 맵핑을 자동화하는 것을 목표로 현재 개발이 진행 중이다. 또한 이 시스템은 발전된 정보인프라를 활용하여 인터넷에 연결된 서버에 모든 정보를 저장함으로써 현장-시공사-발주처간의 장소/시간의 제약 없는 의사 소통 및 결정을 가능하게 하여 터널 시공시 전문인력 부족 문제 해결과 공기 단축에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

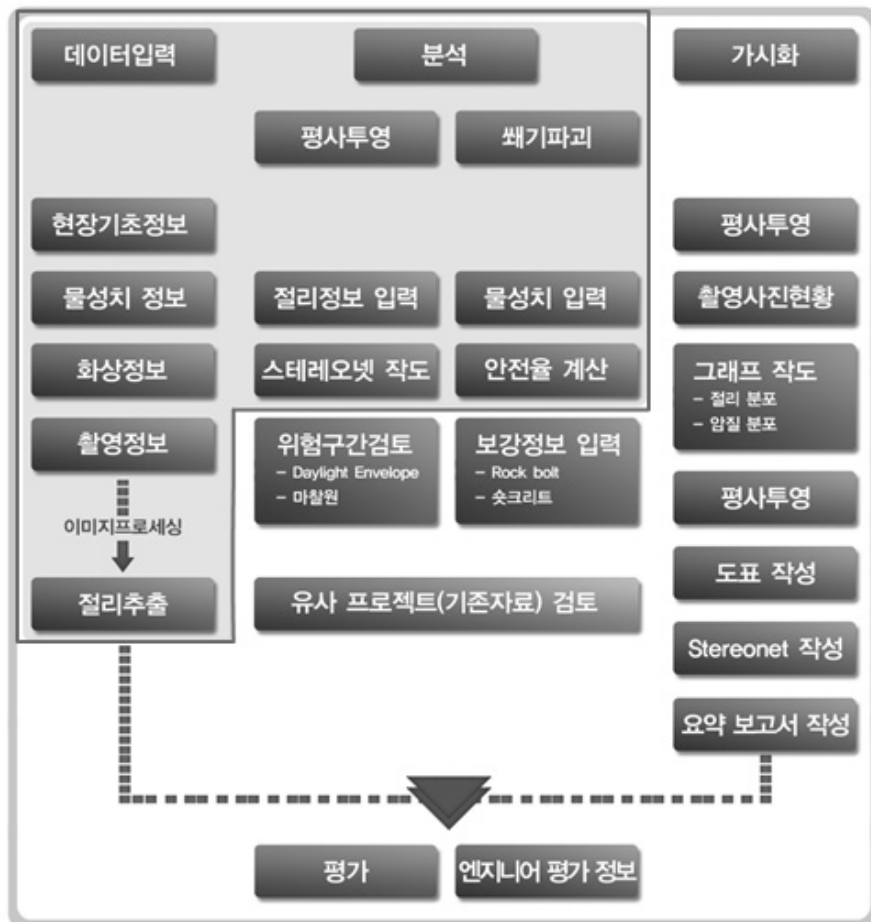


그림 5.2 터널 암반 평가 시스템

## 참 고 문 헌

1. 강준목, 1987, 구조물 변형해석을 위한 수렴다중사진측량의 기법개발, 대한토목학회 논문집, 제7권 1호, pp.131-139.
2. 김희승, 1993, 영상인식: 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식, 신경망, 생능출판사,415p.
3. 류동우, 이유리, 장윤섭, 이희근, 박형동, 2000, 화상처리 및 입체사진측량학을 이용한 암반 절리 조사 시스템, 터널과 지하공간, 한국암반공학회지, 제10권 3호,pp.329-343.
4. 유복모, 1998, 사진측량학, 문운당, 425p.
5. 이재기, 1986, 비측정용 사진해석에 의한 좌표 해석, 연세대학교 대학원, 공학박사학위논문, 106p.
6. 배규진, 조만섭, 2001, 퍼지집합이론 및 뉴로-퍼지기법을 이용한 RMR값의 추론, 터널과 지하공간, 11, 4, pp. 289-300.
7. 김재동 외, 2003, 수렴다중촬영기법을 이용한 새로운 절리방향 해석방법, 터널과 지하공간, 13, 6, pp.486-494.