

사진측량기법을 이용한 암반의 불연속면 거칠기 측정

손영진, 권지혜, 김재동 (강원대학교)

1. 서론

불연속면의 거칠기는 암반블록간의 전단강도를 좌우하는 매우 중요한 인자이다. 현재 불연속면 거칠기 측정 방법으로 Barton & Choubey가 제안한 JRC(절리 거칠기 계수)를 사용하는 것이 일반적이다. 절리면의 궤적을 수치화하여 정량적으로 JRC를 측정하기 위해 3D laser profilometer를 사용하고 있다. 하지만 이 장치는 고가이고 측정정밀도 조정에 단점을 보인다. 본 연구는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 3D laser profilometer 대신 사진측량기법을 적용한 장비를 개발함으로써 측정 정밀도를 향상시키고 불연속면의 거칠기를 정량적으로 측정함으로써 수치화되고 객관적으로 산정될 수 있는 JRC 추출 방법을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 Z_2 파라미터를 이용한 JRC (Tse & Cruden 1979)

1차 미분의 제곱평균자승근(Z_2)을 통한 거칠기 계수는 표준 거칠기 단면 (Barton & Choubey 1979)에 의한 JRC값과 높은 상호 관계를 가진다. Z_2 파라미터에 의한 JRC는 불연속면 거칠기를 영상화하여 절리면 기록에 대한 정량적인 자료를 획득하고 Tse & Cruden(1979) 상관 관계식 (2.2)을 사용하여 JRC를 통계적으로 산정한다. 본 연구는 불연속면의 거칠기를 영상화 한 후 Z_2 파라미터에 의하여 JRC값을 산정하고 이를 표준 거칠기 단면에서 주어진 JRC(Barton & Choubey 1979)값과 비교하였다. Z_2 파라미터는 식 (2.1)을 이용하여 구할 수 있다.

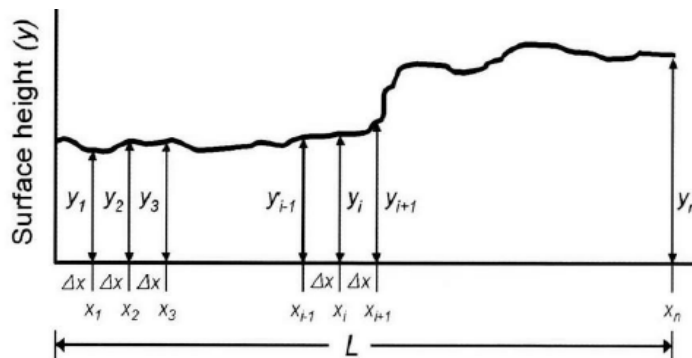


그림 2.1 불연속면 표면에서의 통계적 파라미터로 정의되어 사용된 다이어그램

$$Z_2 = \sqrt{\frac{1}{L} \int_{x=0}^{x=L} \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx} \quad (2.1)$$

$$= \sqrt{\frac{1}{M(\Delta x)^2} \sum_{i=1}^M (y_{i+1} - y_i)^2}$$

L : 불연속면 축선의 길이

M : 불연속면 축선 내에서 측정한 값들의 개수

y_i : i번째의 거칠기 높이

y_{i+1} : i+1번째의 거칠기 높이

Δx : 측정 간격

파라미터 Z_2 를 통한 JRC값은 식 (2.2) 에 의해 구할 수 있다.

$$JRC = 32.20 + 32.47 \log Z_2 \quad (2.2)$$

2.2 사진측량에 의한 불연속면 거칠기 측정 장치 및 방법

불연속면의 표면을 정량적으로 분석하기 위하여 사진 측량을 통해 불연속면을 영상화 하는 사진 촬영을 한다. 카메라를 컴퓨터와 연결시킨 후 아래의 그림 2.2 와 같이 화면상의 좌우측에 시료가 위치하도록 카메라를 이동시켜 촬영 준비를 한다. 촬영은 카메라와 컴퓨터를 연결 후 프로그램을 이용하여 리모컨촬영을 한다. 이유는 촬영시에 셔터조작에 의한 사진의 떨림을 방지하기 위해서이다.

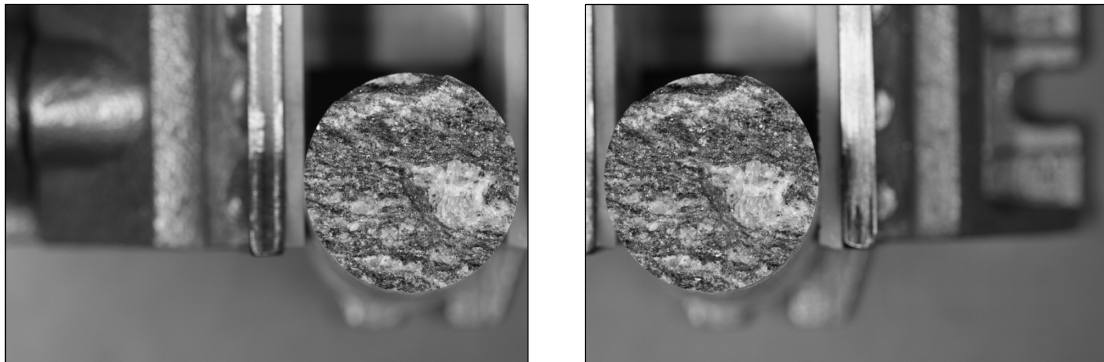


그림 2.2.1 사진 촬영의 방법

촬영을 통해 얻은 영상을 수치화하기 위하여 불연속면의 궤적을 Digitize 하여 좌표를 획득한다. 이를 3차원으로 분석하기 위하여 시차방정식을 이용하는데 이때, 좌표들은 픽셀 값에서 mm단위로 변환시켜준다. 여기서 Z는 불연속면의 각각의 지점에서의 거칠기 높이인 것이다. 이렇게 얻어진 Z값을 통해 JRC값을 구해야 하는데 그러기 위하여 식(2.1)을 이용하여 Z_2 값을 구하고, 식(2.2)을 이용하여 JRC값을 구한다.

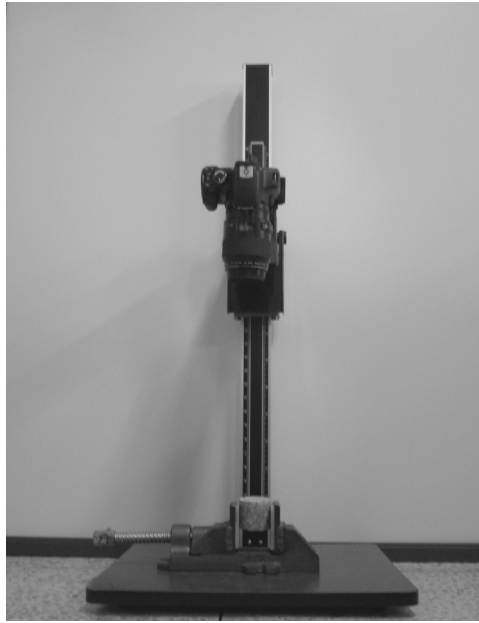


그림 2.2.2 연구에 이용된 사진측량 장치

2.3 측정 결과

표 2.3.1은 측정 간격에 따른 Z_2 파라미터를 이용한 JRC(Tse & Cruden 1979)의 값들과 기계식 측정기(mechanical profilometer)를 통한 표준 거칠기 단면에 따른 JRC(Barton & Choubey 1979)값을 비교한 것이다. 본 연구에서는 측정 간격을 30, 60, 90, 120pixel로 각각 30pixel씩 증가시켜 변화를 주었으며 측정 결과는 다음과 같다.

표 2.3.1 사진측량에 의한 Z_2 파라미터의 JRC와 기계식 측정기의 JRC 비교

Sample No.	Standard profile JRC range	Measurement Interval (pixel)			
		30	60	90	120
1	11	9.97	15.29	19.70	23.47
2	13	13.21	17.54	16.15	19.56
3	12	11.90	17.03	20.64	24.38
4	20	19.99	23.60	27.61	30.87
5	8	6.98	7.45	10.72	15.09
6	13	13.32	10.89	14.34	17.74

표 2.3.2는 사진 촬영을 통해 불연속면을 영상화 한 후 측정 간격을 30pixel로 하였을 때 얻은 X, Y 좌표를 이용하여 Z좌표를 구하며 Z좌표를 통해 Z_2 파라미터를 구하여 그에 따른 JRC값을 산출한 결과이다. 또한 Z_2 파라미터를 통해 얻은 JRC와 표준 거칠기 단면을 통해 얻은 JRC값을 비교하여 기록한 결과이다.

표 2.3.2 사진측량에 의한 Z_2 파라미터를 통해 얻은 JRC

(Measurement Interval : 30pixel)

Sample No.	Z_2	JRC estimated from Z_2
1	0.2068	9.97
2	0.2602	13.21
3	0.2370	11.90
4	0.4208	19.99
5	0.1672	6.98
6	0.2621	13.32

다음의 그림 2.3.1 과 그림 2.3.2 는 표 2.3.2의 Data를 그래프로 나타낸 것이다.

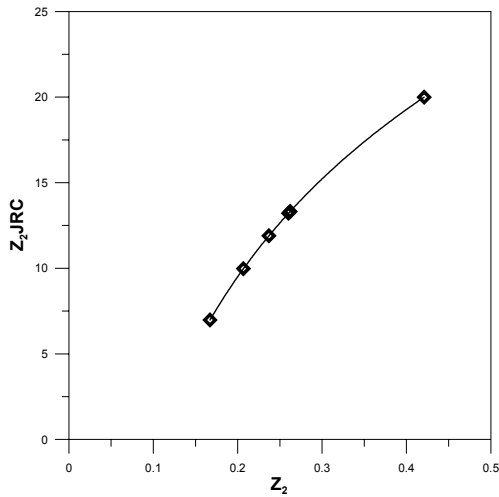


그림 2.3.1 Z_2 파라미터와 JRC 상관관계

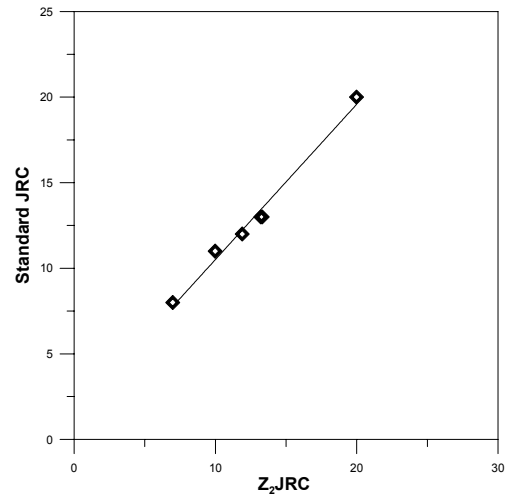


그림 2.3.2 Z_2 파라미터 JRC와 표준 JRC 상관관계

그림 2.3.1 은 사진촬영을 통해 불연속면의 거칠기를 영상화 하여 구한 Z_2 파라미터와 그에 따른 JRC의 값의 상관관계를 보여주고 있다.

그림 2.3.2 는 표준 거칠기 단면에 의한 JRC(Barton & Choubey 1979)와 사진 촬영을 통해 얻은 Z_2 파라미터에 의한 JRC(Tse & Cruden 1979) 값을 비교하여 나타낸 그래프이다. 두 JRC는 비슷한 값으로 나타나고 있으며 이것은 이들이 상관관계가 있다는 것을 보여주고 있다.

3. 결론

여섯 개의 시료에 대하여 사진촬영을 통해 얻은 거칠기 계수인 Z_2 파라미터에 의한 JRC(Tse & Cruden 1979)와 기계식 측정법을 이용하여 판단한 표준 거칠기 단면을 통해 얻은 JRC(Barton & Choubey 1979)를 비교한 결과 측정 간격을 30pixel로 결정하였을 때 평균적으로 95.27%의 일치도

를 보이고 있다. 이러한 이유는 불연속면을 수치화 하는 과정에서 Z2 파라미터에 의한 JRC가 측정 간격에 영향을 미치기 때문이다.

이처럼 사진 촬영을 통한 불연속면의 거칠기 측정은 표준 거칠기 단면을 통해 얻은 JRC에 비하여 정밀한 값을 구할 수 있음을 확인할 수 있었으며 측정간격을 어떻게 결정하느냐에 따라 정밀한 정도도 결정 할 수 있다. 암반공학에서는 암반의 안정성 평가가 매우 중요한 요소이며 이러한 안정성은 불연속면의 거칠기가 많은 영향을 끼친다. 그러므로 사진촬영을 통해 불연속면을 영상화하는 것은 보다 정확한 판정을 위하여 필요하다. 또한 영상화 작업은 불연속면의 형상을 단순히 몇 가지의 부분에 대해 선형적으로 보여 주는 기계식 측정에 비하여 전체적인 형상을 알 수 있고 그 시료의 특징을 파악할 수 있으며 한번 영상화 한 불연속면은 시료 없이도 그 시료에서 발생하는 불연속면의 모든 방향으로 선형에 대한 거칠기를 언제든지 측정 가능하다는 것이 불연속면을 영상화함으로써 얻을 수 있는 이점이다.

본 연구는 제작된 프레임을 이용한 사진 촬영 후 불연속면을 영상화 하여 수동적으로 Digitize 하였지만 좀 더 편리하게 이용 할 수 있는 프로그램의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김희선, 2002, 암석절리의 거칠기에 대한 프랙탈 차원 분석, 강원대학교 대학원, 공학석사학위논문.
2. 유복모, 1998, 사진측량학, 문안당, pp.3-4, pp.40-41, pp.48-49
3. 장현식, 장보안, 김열, 2005, 수정 분할자법을 이용한 절리 거칠기 계수(JRC)의 정량화, 터널과 지하공간, 한국암반공학회지, 제15권 3호, pp.269-280.
4. 조태진, 윤용균, 이연규, 장찬동, 2008, 21C 암반역학 pp.55-56, pp.274-276