

거창 화강석에 대한 현장 물성 평가

박성철¹ · 김형규¹ · 성경환¹ · 김재환² · 좌용주^{1*}

¹경상대학교 지구환경과학과

²국립문화재연구소 보존과학연구실

1. 서론

거창 지역은 포천 익산과 더불어 국내 3대 화강석 채석단지 중의 하나로 국내 석재산업을 선도하는 중심지 역할을 하고 있다. 특히 거창 화강석은 강한 내구성과 입도의 균질성이 양호하여 중후한 질감까지 가지고 있어 석재로서 그 품질이 우수한 것으로 알려져 있다. 최근 저가의 중국석이 국내 화강석으로 둔갑하여 대량 수입됨에 따라 국내 석재 업계는 큰 타격을 받고 있다. 이 중 소위 거창석이라 불리는 “G603”은 거창 화강석과 암색과 조직이 유사하여 우수한 품질의 거창 화강석 품질 및 브랜드 인지도에 큰 타격을 주고 있는 실정이다 (최진범 외, 2006; 좌용주 외, 2007). 하지만, 현재 국내 화강석과 수입석을 판별하기 위한 방법으론 많은 시간과 비용이 소요되는 외부기관의 실내 분석에만 의존 하고 있을 뿐, 현장에서 규명할 수 있는 정형화된 방법이 마련되어 있지 않다. 이에 따라 수입석이 국내 화강석으로 둔갑하는 문제점을 해결하기에는 역부족하다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 현장에서 사용하기 편한 전암대자율, 표면거칠기(JRC), 슈미트 해머(Schmidt hammer)를 이용하여 현장에서 국내 화강석과 수입석을 판별하기 위한 방법을 제시 하고자 한다.

2. 연구방법

현재 거창 지역에서 채석되어 생산되어지는 석재의 형태는 원석, 커팅, 버너, 잔다듬의 과정을 거친다(Fig. 1). 따라서 이에 따른 전암대자율, 표면거칠기, 슈미트 해머 반발 경도를 측정하였다. 본 연구에 사용된 원석은 거창 지역에서 가장 많이 채석되고 있는 모동기업사(MD), 배왕무역(BW), 주상기업(JS)에서 30×30×30cm의 크기로 각각 3개(A, B, C)씩 채취하였으며, 채취한 원석을 대상으로 가공 공정 및 암색의 역학적 이방성에 따른 전암대자율, 표면거칠기(JRC), 슈미트 해머 반발경도를 측정하여 비교 분석 하였다. 전암대자율 측정은 ZH instruments사의 SM30을 이용하였으며 각 공정 당 결의 면에 따라 20회씩 측정 하였다. 표면거칠기는 프로파일게이지를 이용하여 한 공정 당 결의 면에 따라 10회씩 측정하였다. 슈미트 해머를 이용한 반발 정도 측정은 암반용 L-type으로 이탈리아 EUROSIT사의 Geohammer를 이용하였으며, 각 결의 면에 따라 30회씩 측정하였다. 오차의 범위를 줄이기 위해 평균값의 ±20%를 벗어나는 값의 경우 제외 하여 사용하였다. 일축압강도시험의 경우 공인 인증기관인 한국지질자원연구원(이하 KIGAM) 지질분석센터에서 ASTM/D2923-95의 기준으로 실시하였다.



Fig. 1. 가공공정과정(A: 원석채취, B: 절단, C: 버너, D: 잔다듬)

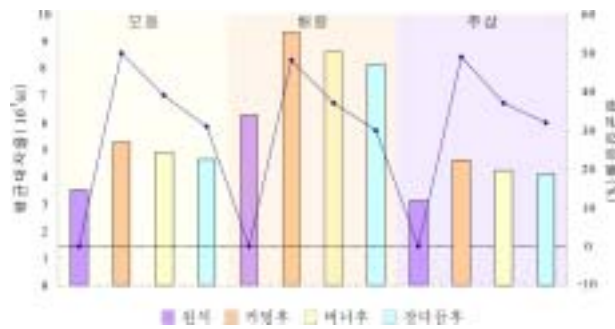


Fig. 2. 가공공정에 따른 평균대자율 및 증가율

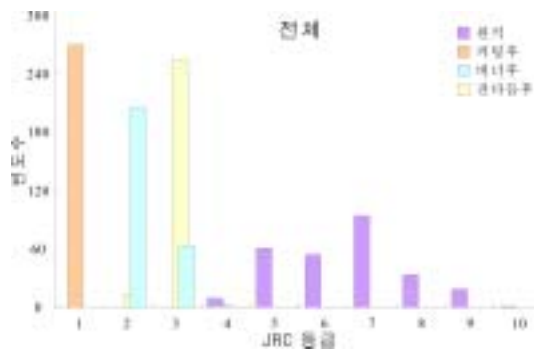


Fig. 3. 가공공정에 따른 JRC등급

3. 결과

3.1. 가공 공정에 따른 전암대자율

전암대자율 값의 범위는($\times 10^{-3}$ SI unit) 모동지역의 경우 원석에서는 2.24~4.52, 커팅 후는 4.50~6.12, 버너 후는 3.69~5.77 그리고 잔다듬 후에는 3.42~5.66의 값의 범위를 가진다. 배왕지역의 경우 원석에서는 4.21~8.36, 커팅 후는 7.05~11.50, 버너 후는 6.21~10.80 그리고 잔다듬 후에는 5.98~10.20의 값의 범위를 가진다. 주상지역의 경우 원석에서는 2.06~4.02, 커팅 후는 3.93~5.83, 버너 후는 3.60~5.57 그리고 잔다듬 후에는 3.23~5.25의 값의 범위를 가진다. 모든 대상지역의 대자율은 일정한 값의 분포를 가지며 가공공정에 따라 원석 < 잔다듬 후 < 버너 후 < 커팅 후 순으로 변화한다. 특히 변화량은 각 가공공이 변함에 따라 일정하게 증가하였으며, 이러한 증가율을 원석에서 측정된 값을 참값(100)으로 하여 변환 하였을 때 원석에 비해 커팅 후는 50%, 버너 후는 37.5%, 잔다듬 후는 31.0% 증가율을 보이고 있다 (Fig. 2).

3.2 가공공정에 따른 표면거칠기

표면거칠기 측정결과 모동지역의 원석의 경우 1번 면에서 JRC 등급은 4~7등급이며 5등급에 가장 많이 분포하고, 2번 면에서는 5~8등급이며 7등급에 가장 많이 분포한다. 그리고 3번 면에서는 5~9등급에 분포하며 7등급에 가장 많이 분포한다. 배왕지역의 원석의 경우 1번 면에서 JRC 등급은 4~8등급이며 5~6등급에 많이 분포하고, 2번 면에서는 5~9등급이며 7등급에 가장 많이 분포 한다. 그리고 3번 면에서는 5~9등급에 분포하며 7등급에 가장 많이 분포한다. 주상지역의 원석의 경우 1번 면의 JRC 등급은 4~9등급이며 5등급에 가장 많이 분포하고, 2번 면에서는 5~9등급이며 7등급에 가장 많이 분포한다. 그리고 3번 면에서는 5~10등급에 분포하며 7과 8등급에 가장 많이 분포한다. 이를 각 면별로 살펴보면 리프트면

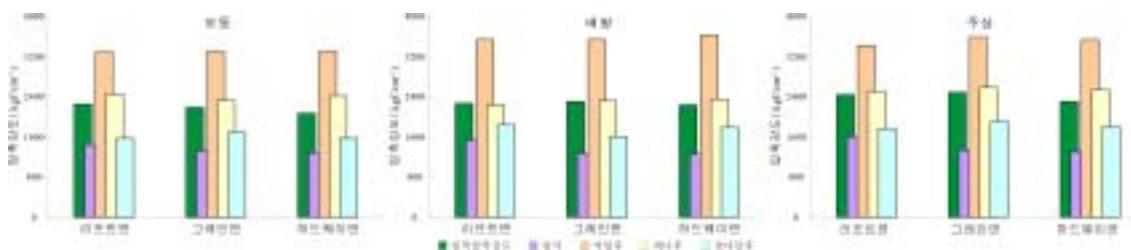


Fig. 4. 일축압축강도와 가공공정에 따른 슈미트를 해머를 이용한 압축강도와와의 비교.

< 그레인면 < 하드웨이면 순으로 높아지는 경향을 보이고 있으며, 특히 리프트면이 가장 낮은 등급을 보이고 있다. 이것은 기존연구 중 Twidale(1982)에서 밝혀진 바와 같이 화강암의 역학적 이방성에 의해 분리성이 가장 좋은 면이 리프트 면이기 때문에 나타나는 것으로 판단된다. 가공공정을 거친 시료의 경우 기계 작업을 통해 일정하게 진행되었기 때문에 결의 면에 상관없이 JRC등급은 일정하게 나타났으며, 전 체적으로 커팅 후의 경우 1등급, 버너 후는 2등급에 많이 분포 하며, 잔다듬 후는 대부분 3등급에 분포한다(Fig. 3).

3.3 슈미트 해머 반발경도를 이용한 압축강도에 미치는 요인

현장에서 휴대하기 쉬운 슈미트해머를 이용하여 반발경도를 측정된 후 압축강도로 변환하여 비교해본 결과, 슈미트해머를 이용한 압축강도는 1,137~3,663kgf/cm²의 범위를 가지며

가공공정에 따라 원석 < 잔다듬 후 < 버너 후 < 커팅 후 순으로 높은 값을 가진다. 가공공정 거친 후의 시료에 대한 슈미트 해머로 추정된 압축강도는 JRC등급이 높을수록 낮아지는 경향을 보이나, 암석의 역학적 이방성에 따라서는 크게 변하지 않는다. 하지만 원석의 경우 리프트면에서 압축강도가 가장 높게 나타나며, 이러한 원인은 원석의 리프트면에서 JRC등급이 상대적으로 낮게 나타나 반발경도에 영향을 덜 미쳤기 때문인 것으로 판단된다. 또한 원석에서 리프트면의 JRC등급이 낮아서 슈미트 해머 반발경도를 이용한 압축강도가 일정하게 나타났다. 따라서 원석의 경우 일축압축강도를 추정 시 암석의 역학적 이방성을 고려하여야 한다.

3.4 슈미트 해머 반발경도에 의한 압축강도와 일축압축강도 비교

KIGAM에 의뢰하여 일축압축강도시험을 실시한 결과 모동지역은 $1,978 \sim 2,315 \text{kgf/cm}^2$, 배왕지역은 $2,162 \sim 2,407 \text{kgf/cm}^2$ 그리고 주상지역은 $2,213 \sim 2,580 \text{kgf/cm}^2$ 으로 나타났다. 슈미트해머 반발경도에 의한 압축강도와 KIGAM에 측정된 일축압축강도를 비교해보면 원석, 잔다듬의 가공공정을 거친 시료에서는 KIGAM에서 측정된 일축압축강도에 비해 낮은 값을 가지는 반면 커팅의 경우에는 높은 일축압축강도 값을 가진다(Fig. 3) 일축압축강도와 상호 유사한 값을 가지는 가공공정은 버너 후로 나타난다. 이러한 결과를 통해 볼 때 슈미트해머 반발경도를 이용한 압축강도는 가공공정에 따라 값의 변화를 보이며, 그 변화 양상은 암석의 역학적 이방성에 상관없이 원석 < 잔다듬 < 버너 < 커팅 순으로 증가하는 경향을 보이고 있다.

4. 결론 및 고찰

전암대자율 측정, 전암대자율, 표면거칠기(JRC), 슈미트 해머(Schmit hammer)를 이용한 반발경도 및 암석물성시험 등의 측정을 통하여 거창 화강석에 대한 현장 물성 평가를 실시하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 도출 하였다.

- (1) 전암대자율은 가공공정(원석, 커팅, 버너, 잔다듬)에 따라 변화하고 있으며, 증가율은 원석의 전암대자율 값에 비해 각각 50%, 37.5%, 31.0%의 증가율을 가진다. 하지만 암석의 역학적 이방성에 의한 변화는 보이지 않는다.
- (2) 가공공정에 따른 JRC등급은 커팅 < 버너 < 잔다듬 < 원석 순으로 증가하며, 원석의 경우 리프트면이 그레이, 하드웨이면에 비해 낮게 나타난다. 이는 암석의 역학적 이방성에 따른 분리성이 리프트면이 좋다는 것과 일치한다.
- (3) 슈미트해머 반발경도를 이용한 압축강도는 가공공정에 따라 값의 변화를 보이며, 원석 < 잔다듬 < 버너 < 커팅의 순이며, JRC등급이 낮아질수록 압축강도의 값은 증가한다.
- (4) 원석의 경우 KIGAM에서 측정된 일축압축강도는 암석의 역학적 이방성에 따라 값의 변화를 보이며 이는 박덕원(2005)의 연구결과와 일치한다. 이중 특히 리프트면의 경우 일축압축강도는 대부분 높게 나타난 반면에 JRC등급이 낮게 나타났다. 또한 슈미트해머의 반발경도를 이용한 압축강도의 경우 그레이, 하드웨이면에 비해 리프트면의 측정값이 보다 더 일정하게 나타났다. 따라서, 슈미트해머 반발경도를 이용한 압축강도는 표면거칠기(JRC), 암석의 역학적 이방성에 의해 영향을 받기 때문에 이에 대해 고려하여야 한다.
- (5) 각 공정에 따른 KIGAM에서 측정된 일축압축강도와 슈미트해머의 반발강도를 이용한 일축압축강도 값의 비교결과 가장 유사 값을 보이는 공정은 버너 후 를 거친 시료 이

- 다. 그리고 만약 현장에서 산출되는 원석에 대해서 측정 할 경우, 암석의 역학적 이방성을 고려하여 리프트면을 대상으로 적용한다면 가장 유사한 값을 추정 할 수 있다.
- (6) 이상의 결론을 활용하여 전암대자율, 표면거칠기, 슈미트해머 등을 이용한 석재의 현장 물성평가를 실시할 수 있다.

참고문헌

- 박덕원, 2005, 일축압축하에서 포천화강암의 역학적 이방성. 지질공학회지, Vol. 15, No. 3. 337-448.
- 좌용주, 최진범, 김건기, 김종선, 황길찬, 2007, 거창지역에서 산출되는 화강암 석재의 품질 기준. 암석학회지, Vol. 16, No. 1, 38-45.
- 최진범, 좌용우, 김건기, 황길찬, 2006, 거창화강석 품질기준 설정을 위한 광물조성 분석. 광물학회지, No. 19, No. 4, 363-381.
- Twidale, C. R., 1982, Granite landforms, Elsevier scientific pub. 46-86.