

# 국내 석산골재의 물리역학적 특성에 관한 연구

장명환, 강백규, 안희동<sup>1)</sup>, 신재섭<sup>2)</sup>

## 1. 서론

국내에서 하상 및 육상골재가 점차적으로 소진되어감에 따라 산림골재의 중요성은 매우 커지고 있다. 특히 산림골재는 골재수요 지역의 가까운 거리에서 개발 할 수 있다는 장점이 있으나, 산림법에서는 무모한 산림훼손을 방지하기 위하여 개발여건의 하나로서 매장량 기준<sup>1)</sup>, 골재의 비중, 흡수율, 마모율, 안정성 등에 기준을 정하여 산림골재의 허가를 규제하고 있다. 본 연구에서는 국내 석산골재중 퇴적암류 15, 변성암류 25, 화성암류 25개 석산에 대한 시료를 채취하여 각종 실험을 실시하였다. 인자분석을 실시한 결과 마모율과, 안정성에 영향을 미치는 광물학적 특성 및 화학적 특성은 미미한 것으로 분석되었고, 각 실험치는 산림법의 채석타당성평가의 타당성 요건을 모두 충족시키는 것으로 분석되었다.

## 2. 실험내용 및 방법

본 연구에서는 파쇄시설을 거친 석산골재 25 mm이하를 시료당 30kg이상씩 채취하였다. 골재의 물리·역학적 실험으로서 비중, 단위중량, 흡수율, 안정성, 광물성분 분석으로서 석영, 장석, 운모, 화학분석으로서 SiO<sub>2</sub> 등 8성분에 대한 분석을 실시하였다.

<안정성시험> 골재는 일사, 온도변화, 흡/방수, 동결/융해 등의 기상작용에 대해 안정적이며 내구성이 좋은 것이어야 한다. 골재의 안정성을 측정하기 위하여 황산나트륨의 포화용액에 골재를 침수시키고 건조시키는 조작을 5회 반복한 후, 황산나트륨의 결정 팽창압에 의해 골재가 파손되는 정도를 조사하였다.

<비중 및 흡수율시험> 이 실험은 포틀랜드 시멘트 콘크리트 중 골재가 차지하는 부피의 계산을 하기 위한 것으로서 KS F 2503<sup>2)</sup> 규정에 의하였다. 시료는 굵은 골재를 충분히 혼합한 다음 시료 분취기를 이용하여 대략 소요되는 양을 채취하고, 5mm체를 통과하는 시료는 모두 버렸다. 계산식은 (1)식과 같다. 식에서  $\rho$ 는 비중, A는 대기중 시료의 105 °C 전기로에서 건조무게, B는 대기중 시료의 표면건조 포화 상태의 무게 (g), C는 물속에서 시료의 무게(g)이다. 흡수율은 (2)식으로 계산된다.

$$\rho = \frac{A}{B-C} \quad (1) \quad a = \frac{B-A}{A} \times 100 \quad (2) \quad M = \frac{(G-T)}{V} \quad (3)$$

<단위중량> 잔골재, 굵은 골재 및 이들 혼합골재의 단위 용적중량을 측정하는 것으로서 KS F 2505<sup>3)</sup> 규정에 의하며, 계산식은 (3)식과 같다. 식에서 M은 단위용적중량 (kg/m<sup>3</sup>), G는 용기를 포함한 시료의 무게(kg), T는 용기만의 무게(kg), V는 용기를 채운 물의 무게를 물의 단위용적 중량으로 나눈 값 (m<sup>3</sup>)이다.

1) 대한광업진흥공사 석재자원처

2) 대한광업진흥공사 광물시험소

<마모시험> 마모율은 로스엔젤레스 시험기를 이용하여 KS F 2508<sup>4)</sup>에 의하여 실시하였다. 시료는 물로 씻은 후 100~110℃의 온도에서 일정무게가 될 때까지 건조하고, 선택한 입도에 맞도록 선정하였다.

### 3. 실험결과

66 석산골재의 17개 항목에 대한 실험결과를 이용하여 인자분석을 실시하였다. 이때 변수 쌍들 간의 상관관계가 다른 변수에 의해 설명되는 KMO 측도는 0.580으로서 각 변수 간의 상관성은 좋지 않은 것으로 분석되었다. 그러나 Bartlett의 구상검정치가 760.956이고 이 값에 대한 유의수준이 0.00임으로 본 분석결과들에 대한 공통요인은 존재하는 것으로 분석되었다. 표-1은 각 변수들 간의 상관성과 그때의 유의확율을 나타낸 것으로서 대각선 하부가 상관성이고 상부가 그때의 유의확율이다.

<표-1> 골재의 각성분간 상관성 및 유의확율

	단위 중량	비중	흡수율	마모율	안정성	석영	장석	운모	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / FeO
단위 중량		0.00	0.04	0.44	0.40	0.32	0.40	0.06	0.28	0.39	0.00	0.01	0.05	0.26	0.17	0.00	0.00
비중	0.56		0.00	0.07	0.07	0.05	0.00	0.02	0.04	0.30	0.03	0.03	0.01	0.02	0.40	0.00	0.00
흡수율	-0.22	-0.52		0.00	0.00	0.32	0.45	0.12	0.44	0.39	0.33	0.17	0.38	0.17	0.07	0.02	0.00
마모율	0.02	-0.19	0.32		0.00	0.27	0.33	0.19	0.46	0.33	0.32	0.17	0.36	0.46	0.48	0.24	0.17
안정성	-0.03	-0.18	0.36	0.41		0.23	0.10	0.30	0.46	0.39	0.11	0.33	0.47	0.17	0.17	0.26	0.03
석영	0.06	0.21	0.06	-0.08	0.09		0.00	0.44	0.01	0.00	0.05	0.07	0.31	0.00	0.07	0.35	0.00
장석	-0.03	-3.21	0.02	0.06	-0.16	-0.62		0.00	0.20	0.34	0.34	0.19	0.01	0.00	0.24	0.00	0.03
운모	0.20	0.26	-0.16	0.11	0.07	0.02	-0.36		0.13	0.00	0.09	0.07	0.29	0.01	0.25	0.00	0.02
SiO <sub>2</sub>	-0.07	-0.21	0.02	0.01	0.01	0.32	0.11	-0.27		0.00	0.00	0.40	0.00	0.28	0.00	0.00	0.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.03	0.07	0.03	0.07	-0.03	-0.36	-0.05	0.48	-0.79		0.06	0.07	0.00	0.07	0.00	0.00	0.36
CaO	0.33	0.24	-0.06	-0.06	-1.52	-0.20	0.05	-0.17	-0.60	0.19		0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.38
K <sub>2</sub> O	-0.30	-0.23	0.12	0.12	-0.05	-0.18	0.14	0.19	0.03	0.18	-0.50		0.04	0.29	0.21	0.03	0.01
MgO	0.21	0.31	0.04	0.04	-0.01	-0.06	-0.27	0.07	-0.76	0.43	0.57	-0.26		0.35	0.00	0.00	0.09
Na <sub>2</sub> O	-0.08	-0.26	0.12	-0.01	-0.12	-0.53	0.63	-0.29	-0.07	0.18	0.17	-0.07	-0.05		0.20	0.02	0.17
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.12	-0.03	0.19	0.01	0.12	-0.19	-0.09	-0.09	-0.65	0.32	0.66	-0.10	0.53	-0.11		0.02	0.00
FeO	0.36	0.48	-0.26	-0.09	-0.08	0.05	-0.37	0.45	-0.71	0.51	0.39	-0.24	0.65	-0.24	0.26		0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / FeO	0.33	0.34	-0.33	-0.12	-0.24	0.33	-0.24	0.25	-0.04	-0.05	0.04	-0.31	0.17	-0.12	-0.45	0.52	

보통 5%를 유의 수준을 사용하는데 유의확율이 0.05보다 크면 상관계수를 받아들일 수 없다. 따라서 각 변수들 간의 유의 확율이 0.05 이하인 변수를 종합한 결과 물리·역학적 특성은 FeO를 제외하고는 화학적 특성과 별다른 상관성이 없는 것으로 분석되었다.

이러한 낮은 상관성으로부터 변수 상호간에 대한 연관성을 구하고자 인자분석을 실시하였고, 고유치가 큰 값 2개를 선택하여 분석한 결과는 그림 1과 같다. 그림에서 부호 a-d 순서는 표-1의 단위중량-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO의 순서와 같다. 그림에서 마모율, 안정성, K<sub>2</sub>O와 흡수율, 장석, Na<sub>2</sub>O가 서로 연관성이 있는 것으로 분류되었고, 인자를 회전한 결과는 마모율과 안정성

은  $\text{Na}_2\text{O}$ , 조암광물 연관성을 가지고 있는 것으로 분석되었고, 다른 변수들은 특별한 연관성이나 중요성이 도출되지 않았다.

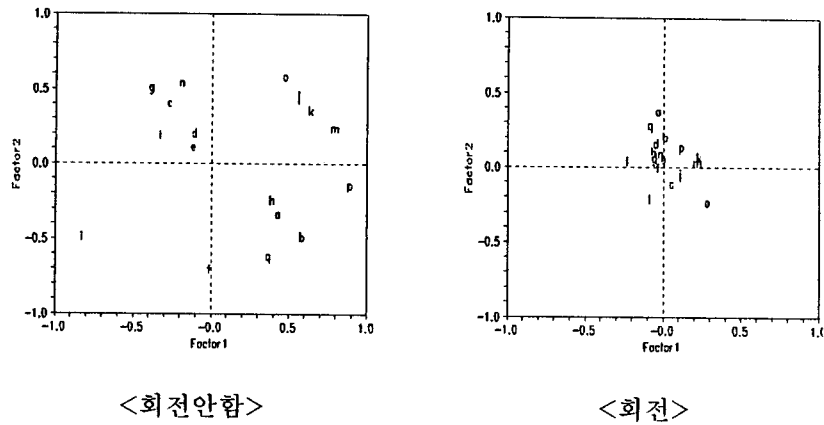


그림 1 인자분석결과

#### 4. 결론

국내 67개 석산골재의 특성을 조사하기 위하여 물리역학적 실험 및 화학적 실험을 실시하고 실험결과와 17개 항목에 대한 인자분석을 실시한 결과는 다음과 같다.

- (1) 산림법상 채석타당성평가 기준으로 설정한 비중, 흡수율, 마모율, 안정성 등의 기준에 미달한 석산은 없었다.
- (2) 골재에 대한 물리·역학적 특성과 광물학적 특성 및 화학적 특성 간의 상관성은 매우 낮았으며, 인자분석결과 마모율이 클수록 안정성은 낮아지는 것으로 분석되었다.
- (3) 골재의 화학적 특성이나, 조암광물의 구성비는 물리·역학적 특성에 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

#### 5. 참고문헌

- 1) KS E 2003, 1990, 석재자원 매장량 계산기준, 한국표준협회, 4p.
- 2) KS F 2503, 1997, 굵은골재의 비중 및 흡수율 시험방법, 한국표준협회, 3p.
- 3) KS F 2505, 1997, 골재의 단위용적 중량 및 공극률 시험방법, 한국표준협회, 4p.
- 4) KS F 2508, 로스엔젤레스 시험기에 의한 굵은 골재의 마모시험방법, 한국표준협회, 3p.