

에틸 실리케이트계 강화제의 석재강화 메커니즘 연구 - 고성 IC 발굴 공룡발자국 화석지 암석의 강화를 중심으로-

이상진 · 김수진* · 도진영
경주대학교 문화재학과
석조문화재보존과학연구소*

A Study for Stone Consolidation Mechanism of Ethyl Silicate - On the Consolidation of the Fossil Dinosaurs' Footprints -

Sang-jin Lee, Su-jin Kim* and Jin-Young Do
Dept. of Cultural Heritage, Gyeongju University
*Lab. Stone Conservation Science**

1. 서론

본 연구에서는 약해진 암석을 강화시키고, 암석 내부로 유입될 수 있는 습기와 같은 수분을 차단하고, 또한 표면의 박리를 접착시키는데 사용되고 있는 에틸 실리케이트계 강화제의 석재 강화 메커니즘에 대하여 연구하였다. 이를 위하여 대전-충무간 고속도로상의 고성 IC에서 발굴된 공룡발자국 화석지의 암석을 시료로 선택하여 에틸 실리케이트 강화제의 적용으로 인한 강화 효과를 조사하였다. 연구방법으로는 주사전자현미경(SEM/EDX)을 사용하여 강화제 적용 전과 후의 미세구조 변화를 살펴보았으며, 마모강도, 그리고 모세관 수분흡수율을 측정하였다.

2. 재료 및 방법

2-1. 재료

강화제의 강화메커니즘을 연구하기 위해서, 에틸 실리케이트 계열의 강화제로서 많이 사용되고 있는 Wacker사의 Wacker Strengthener OH 100을 선택하여 석재강화메

커니즘과 강화효과를 살펴보았다. 강화효과를 확인하기 위한 실험 시료로서 대전-충무 간 고속도로상의 고성 IC에서 발굴된 공룡발자국 화석지의 암석을 채취하여 표면과 층리면에 대한 특성을 연구하였다.

2-2. 방법

에틸 실리케이트 강화제와 강화제에 함침시킨 암석시편을 상온에서 7일 동안 반응시키고 건조기 내에서 60℃로 7일 간 반응시켰다. 반응 후 암석시편의 공극율을 측정하고 전자현미경과 실체현미경을 이용하여 표면 상태를 관찰하였다. 강화제를 함침처리 한 암석시편의 총물흡수량, 모세관 물흡수량, 수분팽창율, 그리고 마모강도를 측정하여 강화 효과를 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

에틸 실리케이트 강화제를 처리한 후 암석 시편에 대한 물리적 특성을 측정한 결과 총물흡수율은 20%가 감소되었으며, 모세관물흡수계수는 48.7%가 감소된 것으로 나타났다. 그리고 열팽창율의 경우 치밀한 표면을 가지는 수평축의 경우에는 거의 변화가 없었으나 층리가 발달한 수직축의 경우 62%의 팽창율 감소 효과를 나타내었다. 마모강도를 측정한 결과는 강화제를 처리했을 경우 2배 이상의 마모 강도 증진 효과를 가지는 것으로 나타났다. 주사전자현미경을 이용한 표면 조직의 관찰 결과에서는 화석지 암석의 표면은 매우 얇고 치밀한 판상구조가 표면의 아래 부분까지 겹겹이 생성된 것을 알 수 있으며, 미립의 얇은 판상구조 이외에 2 μ m 이하의 미립의 광물입자들이 영성하게 결합되어 고르게 표면에 묻어 있듯이 관찰되었으나 Wacker BS OH 100을 처리한 후의 실체현미경을 이용한 미세구조 사진에서는 들떠 있던 광물입자들이 강화제의 처리로 접촉되어 안정화된 것이 관찰되었다. 암석 강화제인 Wacker BS OH 100은 에틸 실리케이트 계열의 무기 산화물 강화제로서 그 화학식은 $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ 이며 암석에 적용할 경우 공기 중의 수분(H_2O)과 반응하여 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)을 생성하고 SiOH_4 의 비결정질 수화물이 남게 된다. 이 수화물은 서로 중합반응을 하여 수분(H_2O)이 빠져나게 되고 실록산($-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$) 결합을 하여 3차원적인 망목상 구조를 가지게 된다. 이와 같은 3차원 망목상 구조가 시간이 지남에 따라 계속해서 암석의 틈새에 형성되어 기공을 메워주게 되고 암석과 암석사이를 연결하는 역할을 하는 것이다. 에틸 실리케이트의 중축합반응에 의해 형성되는 3차원 망목구조는 기본적으로 실리콘(Si)과 산소(O)의 결합물질인 무기산화물(inorganic oxidants)의 형태로서 암석의

기본조성과 동일하며, 결정(crystalline)질이 아니라 비결정질상(amorphous phase)이므로 암석의 수축팽창에 영향을 미치지 않으며, 일반적으로 고분자계열의 수지(polymer resin)를 암석에 적용할 때 발생하는 변색 또는 debonding 등의 문제를 일으키지 않는다.

4. 결론

본 연구를 통해 에틸 실리케이트 강화제의 석재 강화 메커니즘에 대해 알 수 있었으며, 이와 같은 강화제의 강화 효과 적용 연구를 바탕으로 석조 문화재와 같은 암석 재료로 구성된 문화재에 고분자계열의 유기물 수지를 사용하지 않고 무기 산화물 재질의 강화제를 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 참고문헌

1. Adhesives and Coatings, Science for conservators, vol.3, The Conservation Unit of the Museums & Galleries Commission, 1996
2. Agnew, N. H., Osnam, W.B., Conservation of the Lark Quarry Dinosaur Trackway, American Museum of Natural History, 1983
3. Agnew, N. H., The use of silicones in the preservation of a field site-the Lark Quarry dinosaur trackways, Preprints of the contribution to the Paris Congress, 2-8 September, 1984, p.87-91
4. Natursteine, Jahresberichte Steinzerfall- Steinkonservierung, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1995. p. 95-103.
5. Wacker Silicone fuer die Steinkonservierung, Brochure of Wacker-Chemie GmbH, 2000.