

친환경적인 분말형 세라믹 페인트의 특성평가

Characterization of Environment-Friendly Ceramic Coating Materials

이 제 철*

신 영 훈**

김 태 현***

Jae-cheol Lee

Young-hoon Shin

Tae-hyun Kim

ABSTRACT

In this paper, we described about the characteristic evaluation of environment-friendly ceramic paint with calcium-silicate mineral as a main binder. Particularly, we performed discharge of the environmental poisoning materials(e.g. VOCs, heavy metal, etc.),and properties of paint slurry and coating film of the ceramic paint. In the comparison of the ceramic paint with natural paint and mineral paint which were known as our environment-friendly paints, ceramic paint had good characteristics in the environmental safety and properies of wet slurry and dried coating film.

1. 서론

콘크리트 표면처리재로서 사용되는 재료로서는 코팅제(페인트), 판넬, 뿔철재, 타일 등으로 구분할 수 있으며, 이들 재료 중 성능, 경제성, 시공성 등을 고려할 때 도장 공법에 의해 시공되는 페인트가 가장 효율적이며 폭넓게 사용되는 재료라 할 수 있다. 건축의 내외장 마감재에 대한 욕구는 과거에 비해 디자인의 다양화를 비롯하여, 시공성, 경제성, 가공성, 내화성, 내구성 등 다양한 기능을 요구하는 추세이다. 특히 친환경적인 재료에 대한 요구가 증대되고 있는 실정이다. 그러나 일반적인 페인트는 대부분 유기화합물질로 구성되어 제조과정 및 사용 중에 심각한 환경오염을 유발하는 성분이 다량 함유되고 있고, 콘크리트와 같은 무기질 바탕재에 유기질의 재료를 코팅하기 때문에 내수성, 접착성 및 장기간에 걸친 내구성 등이 저하된다는 단점을 가지고 있다. 또한 기존의 유기계 페인트에서는 VOCs(Volatile Organic Compound)를 비롯한 여러 가지 유해물질을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다. 그리고 용제형 페인트의 경우 휘발성 용제가 다량 사용됨에 따라 대기 환경오염 및 작업자의 건강에 유해하다는 문제점이 있고 생활수준이 향상 되면서 작업자들도 자신의 건강에 큰 관심을 가지게 되었으며, 이에 따른 작업장의 무해화가 요청되고 있음에 따라 도료의 high-solid화, 더 나아가서는 환경친화적인 무용제 타입의 페인트 개발 요구가 점차적으로 증가되고 있다. 그래서 이러한 기존 페인트의 문제점을 근

*정회원, 주) 디오 환경재료 연구소 연구원

**정회원, 주) 디오 환경재료 연구소 연구팀장

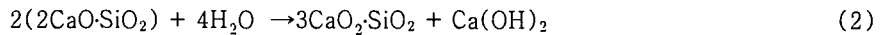
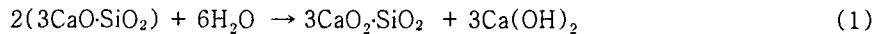
***정회원, 주) 디오 대표이사

원적으로 해결할 수 있는 방법으로서 콘크리트 구조물과 동일한 성분인 calcium-silicate 계의 화합물을 바인더로 사용하고 기존의 도료와 동일한 작업성 및 보다 우수한 도막 특성을 보유하도록 함으로서 기존의 페인트를 대체할 수 있도록 한 것이 환경친화형 세라믹 페인트이다. 본 연구에서는 친환경적인 분말형 세라믹 페인트의 특성평가를 실시하였다.

2. 세라믹 페인트의 도막형성기구

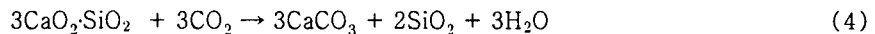
친환경적인 분말형 세라믹 페인트는 일반적인 합성수지 도료와는 전혀 다른 도막 형성 기구를 갖고 있다. 즉, 도막 형성 1단계로서 주요 구성 성분인 calcium-silicate 광물과 물과의 수화 반응에 의해 수화물을 형성한다.

· 1 단계 : 수화반응



그리고 2단계로서 1단계에서 생성된 수화물 및 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 가 대기 중 CO_2 가스와의 초기 반응에 의해 도막 표면부위에 매우 치밀한 무기질 층을 형성하게 된다.

· 2단계 : 탄산화반응



이때 생성된 무기질 층은 일반적인 콘크리트의 중성화에 의한 CaCO_3 층과는 전혀 다른 미세구조를 갖고며 또한 이렇게 형성된 도막은 우수한 내구성을 발현한다.

3. 실험 방법

3.1 사용재료

친환경적인 분말형 세라믹 페인트는 국내 D사, 기존의 환경친화형 페인트라고 알려져 있는 천연페인트 및 미네랄 페인트는 외국산의 국내 유통제품을 입수하여 특성평가를 실시하였다.

3.2 도료의 슬러리 제조

친환경적인 분말형 세라믹 페인트는 사용시 물과 혼합하여 슬러리를 제조하여 도장하여야 한다. 이때 혼합수의 양으로 분말기준 외할 60wt%을 혼합하여 슬러리 믹서로 충분히 교반하여 슬러리를 제조하였고, 환경친화형 페인트라고 알려져 있는 천연 페인트, 미네랄 페인트는 일액형으로 최종 제품이 액상 상태 제품이나 포장 용기에서 층 분리가 발생하여 이를 슬러리 믹서로 충분히 교반한 후 실험에 사용하였다.

3.3 도막 제작

환경친화형 분말형 세라믹 페인트는 분말페인트의 도막 제작 방법은 롤러를 사용하며 2회 도장을 실시하였으며 재도장 간격은 2시간으로 하였고 도막제작 시편은 시멘트석면

판에 도장하였으며 자연 경화 후 건조막 두께는 $200 \pm 50 \mu\text{m}$ 로 제작하였다. 그리고 천연페인트와 미네랄페인트는 각각의 메이커에서 규정하는 시방서 규격으로 시멘트석면판에 롤러로 2회 도장하여 시편을 제작하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 세라믹 페인트의 특성평가

4.1.1 슬러리 특성 평가

분말형 세라믹 페인트이므로 먼저 혼합수 함량에 따른 슬러리 특성을 살펴보았다. 그림 1, 2에 나타낸 것과 같이 혼합수량이 증가할수록 비중(g/cm^3)은 증가하고 반비례로 유동성(flow, mm)은 감소함을 보여준다. 여기서 혼합수가 50% 이하에서는 비중은 높고 유동성은 낮으므로 도장 작업시 작업성이 저하되므로 적합하지 않다. 또한 70% 이상에서는 반대의 현상이 나타나므로 또한 작업성이 저하되고 도막특성을 저하시키므로 적합하지 않다. 그 결과 혼합수의 함량이 $60 \pm 5\text{wt}\%$ 에서의 슬러리 특성이 도장 방법에 의한 시공시 작업성이 양호한 것으로 판단되었다. 그러므로 적절한 혼합수량을 설정하는 것은 분말형 세라믹 페인트의 작업성 및 도막특성에 매우 중요한 영향을 미친다.

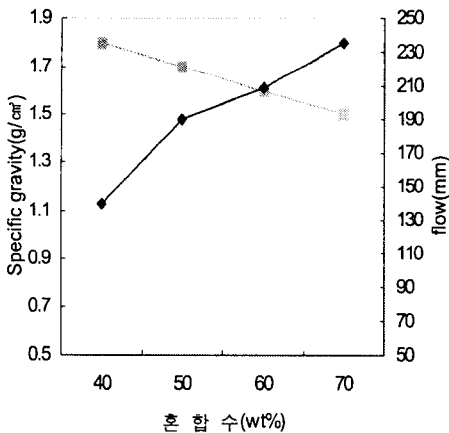


그림 1 혼합수량에 따른 세라믹 페인트의 비중 및 유동성

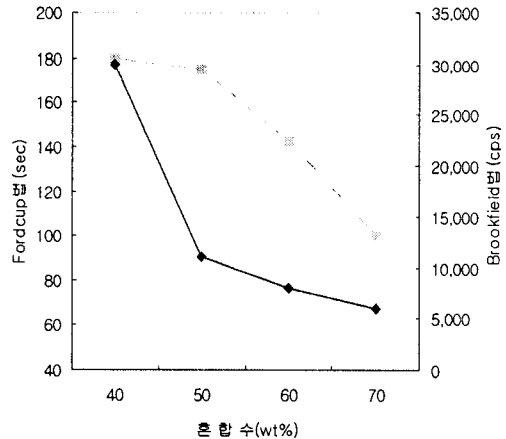


그림 2 혼합수량에 따른 세라믹 페인트의 점도 변화

4.1.2 도막 특성 평가

친환경적인 분말형 세라믹 페인트는 일반적인 합성수지 도료와는 다른 세라믹 재료로서 우수한 도막 특성을 갖는다. 그러나 기존의 페인트와 다른 특성을 보유하고 있으므로 KS F 4715(얇은 마무리용 벽 바름재)의 실험방법을 적용하여 도막의 특성평가를 하였으며 그 결과를 표 1에 나타내었다. 물성 시험 결과 규격의 요구조건을 충분히 만족시킴을 알 수 있다.

표 1 페인트 물성 시험 규격 및 도막 특성 평가 결과

| 특성 평가 항목 (관련 규격) | 특성평가 결과 (관련규격 규정) | 비고 (A test organ) |
|-----------------------------|--|---------------------------------|
| 은폐율 (KS M 5000) | 0.99 (수성도료(1급):외장용 0.96이상, 내장용 0.92이상) | - |
| 온냉반복에 대한 지형성 (KS F 4715) | 표면에 벗겨짐, 전갈림, 부풀음이 없고 현저한 변색 및 광택 저하 없음 (시험체의 표면에 벗겨짐, 부풀음이 없고 또한 현저한 변색 및 광택저하가 없을 것) | -20℃, 50℃ 10회 반복 |
| 내충격성(KS F 4715) | 전갈림, 두드러진 변형 및 벗겨짐이 없음 | - |
| 내세척성 (KS F 4715) | 벗겨짐, 마모에 의한 밀판 노출이 없음 (벗겨짐, 마모에 의한 밀판 노출이 없을 것) | 500회 |
| 내알칼리성 (KS F 4715) | 이상 없음 (갈라짐, 부풀림 녹아남이 없고 알칼리가 침투 안 된 부분에 비해서 변색이 심하지 않을 것) | Ca(OH) ₂ 포화용액 2Hr 침지 |
| 내후성(KS F 4715) | 전갈림, 벗겨짐이 없고 변색의 색표는 4-5호임 (전갈림, 벗겨짐이 없고 변색이 표준회색 색표 3호 이상일 것) | 선사인 카본아크등 .250hr |
| 난연성(KS F 4715) | 1급 표면시험 합격(난연 1급 표면시험에 합격할 것) | - |

4.1.3 환경적 특성 평가

페인트의 유해성 문제가 날로 심각해지면서 선진국에서는 환경친화형 페인트의 개발을 독려하고 환경친화형 제품에는 환경마크를 인증하고 있다. 우리나라에서도 용제로 물을 사용하며, 결합재로서 합성수지 에멀전이나 기타 유기-무기질 원료를 사용하는 페인트를 대상으로 환경마크를 인증하고 있으며 국내환경마크 수성페인트 기준의 시험 방법을 적용하여 세라믹 페인트의 특성 평가를 실시한 결과 표2와 같이 세라믹 페인트는 충분히 만족함을 알 수 있다.

표 2 친환경적인 분말형 세라믹 페인트의 환경적인 특성평가 결과

| 항목 | 환경 친화형 세라믹 페인트 | 환경마크 기준 (수성 페인트) | 시험방법(기관) |
|----------------|-------------------|-----------------------|------------------------------|
| 제품의 VOCs | 불 검출 | 50g/ℓ | ASTM D 3960-92 |
| 암모니아 | 불 검출 | 암모니아계열의 화합물 3%이하 사용안함 | UV-Vis spectrophotometer 분석법 |
| 유해 성분 함량 | 납(Pb) | 불 검출 | EN 71- Part 3 |
| | 안티몬(Sb) | 불 검출 | |
| | 비소(As) | 불 검출 | |
| | 카드뮴(Cd) | 불 검출 | |
| | 크롬(Cr) | 불 검출 | |
| | 수은(Hg) | 불 검출 | |

4.1.4 항균/방미도 특성 평가

수성페인트 등의 기존 유기계 페인트는 수분 및 온도 변화 등에 의해 세균 및 곰팡이 등의 발생 가능성이 크다. 그러나 세라믹 페인트는 실험결과 세균 및 곰팡이 서식을 억제하는 특성을 나타내었으며 그 시험 결과를 다음의 표3, 4에 나타냈다.

표 3 세라믹 페인트의 항균성 시험 결과

| 사용공시 균수 | 구 분 | 세균 수/ml | | 균 감소율(%) | 비고 |
|------------------------------------|--------|-------------------|-------------------|----------|--------|
| | | 접촉직후 | 24hr 후 | | |
| Staphylococcus aureus ATCC 6538 | blank | 6.3×10^3 | 2.9×10^5 | - | 가압 밀착법 |
| | 세라믹페인트 | 6.3×10^3 | 2.4×10^2 | 99.9 | |
| Escherichia coli ATTC 25922 | blank | 5.9×10^3 | 2.8×10^5 | - | |
| | 세라믹페인트 | 5.9×10^3 | 2.7×10^2 | 99.9 | |

표 4 방미도(항곰팡이성) 시험 결과

| 시료명 | 등급 | 사용공시균주 | 적용규격(시험기관) |
|---------|------------|--|------------|
| 세라믹 페인트 | 0 (자라지 못함) | Aspergillus ATCC 9642 Chaetomium globosum ATCC 6205 Penicillium pinophium ATCC 11797 Gliocladium virens ATCC 9645 Aureobasidium pulliulas ATCC 15233 | ASTM G 21 |

4.2 유통제품과의 특성 비교

4.2.1 슬러리 특성 비교

친환경적인 분말형 세라믹 페인트의 특성을 유통 중인 친환경적 제품인 천연페인트 및 미네랄페인트와 비교평가 하고자 하였다. 슬러리 특성평가 결과를 그림3에 나타냈다. 슬러리 비중은 세라믹 페인트가 가장 높고 미네랄 페인트가 가장 적게 나타난다. 그러나 유동성(mm)은 비중과 반대로 세라믹 페인트가 가장 높고 미네랄 페인트가 가장 적게 나타난다. 유동성이 크면 도장 작업시 작업성이 좋아지기 때문에 어느 일정 수준의 유동성을 유지시키는 것이 작업성에 유리한 것으로 생각된다.

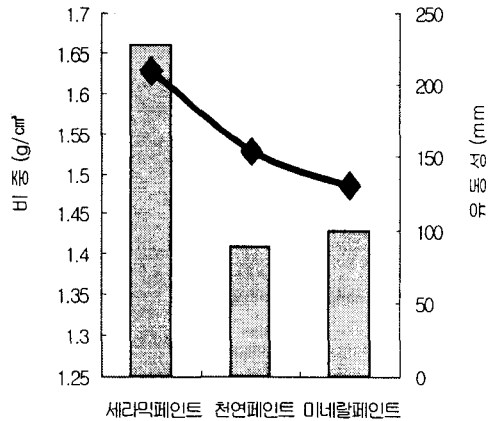


그림 3 제품별 비중 및 유동성

4.2.2 도막 특성 비교

도막 제작 후 재령 7일 경과 후 자연 경화된 시편을 이용하여 시험하였으며, 세라믹 페인트와 환경친화형 페인트의 도막에 대한 내세척성 측정 결과 그림4에 나타난 것과 같이 유통 제품에 비해 도막 표면의 강도가 크므로 내세척성 시험에 대한 저항성이 큰 것을 보여준다. 또한 현 유통 중인 환경친화형 페인트보다 물리적 성질이 우수하며 수분 및 scratch에 대한 저항력이 크다. 그리고 도막 표면에 대한 부착강도 시험결과도 그림5와 같이 세라믹 페인트가 기존 환경친화형 페인트보다 우수하여 도막의 내구성이 우수할 것으로 생각된다.

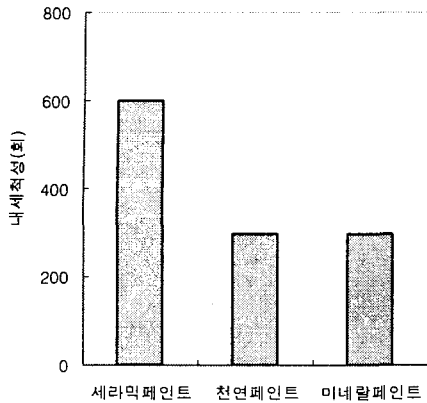


그림 4 제품별 내세척성

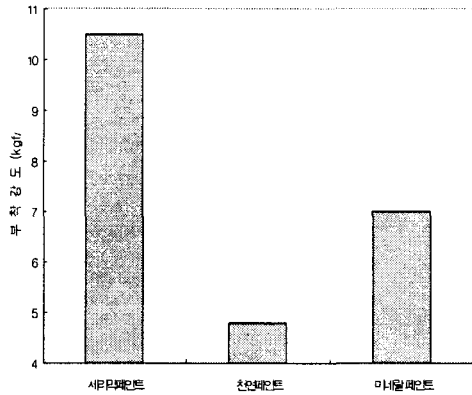


그림 5 제품별 부착강도

5. 결론

본 연구에서는 calcium-silicate계의 친환경적인 분말형 세라믹 페인트에 대한 물리적 도막특성 및 환경적 측면에서의 특성평가를 실시하였으며 또한 기존 환경친화형 페인트와의 물리적 특성을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 세라믹 페인트의 혼합수량별 슬러리 특성평가 시험결과 $60 \pm 5\text{wt}\%$ 에서 최적의 세라믹 페인트의 특성을 발휘하는 것을 알 수 있었다.
- 2) 세라믹 페인트의 도막특성 평가결과 KS F 4715 기준을 만족하는 특성을 발현하였다.
- 3) 세라믹 페인트의 환경 친화적 특성 평가 결과 수성페인트의 환경 마크 기준을 충분히 만족시키는 결과를 나타내었고 또한 우수한 항균/방미도 특성을 나타냈다.
- 4) 세라믹 페인트를 기존 유통 중인 환경친화형 페인트인 천연페인트 및 미네랄페인트와 비교 특성 시험을 실시한 결과 슬러리 특성, 도막 특성 등의 특성 평가 항목에서 국내 개발한 분말형 세라믹 페인트가 우수한 특성을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 청정생산 기술 사업에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Joseph V. Koleske, "Paint and Coating Testing Manual", ASTM, (1995).
2. 日本 塗裝技術協會, 著玄永昌譯, "塗裝技術 Handbook", 圖書出版 世和, pp8(1993).
3. 정의식, "국내외 도료 관련 VOC 규제현황 및 대책", 제5회 도료·도장 기술 심포지움 pp.75-93(1997).
4. 정경택, "저공해성 환경 대응 도료의 기술개발 동향에 대하여", 제3회 도료·도장 기술 심포지움 ,pp.1-17(1995).
5. S. N Chosh, "Advanced in Cement Technology", PERGAMON PRESS, pp.308-309(1981).