

표면침투제를 이용한 원전구조물의 내구성 향상

Improvement of the Existing Nuclear Concrete Structures Durability Using Surface Penetration Sealer

노 병 철* 최 규 형** 이 상 민***

Lho, Byeong Cheol Choi, Kyu Hyung Lee, Sang Min

ABSTRACT

The durability and water - resisting capability of nuclear concrete structures can be greatly improved as the density of concrete surface increases. Applying the surface penetration sealer to the concrete surface can increase the surface density. Therefore, the objective of this study is to identify the most suitable surface penetration sealer based on lab test. The considered parameters rate and water resistance and absorbance rate of the concrete specimen after the penetration sealer are applied. The experimental study resulted in the identification of the two most suitable surface penetration sealer based on their performance

1. 서 론

해안가에 위치한 원전구조물의 경우 해수의 영향을 직·간접적으로 받고 있어서 항상 염해에 대한 예방 및 관리가 요구된다. 최근 국내에서도 수지계와 시멘트계를 사용하는 기존의 보수공법에 나타난 문제점들을 최소화하고자 신개념 보수재료를 사용하고 있으나 현재 국내에서 시공이 되고 있는 이러한 개념의 보수재료는 거의 외국제품에 의존하고 있다. 본 연구에서는 원전구조물의 성능개선을 위한 표면침투제 개발 1단계로서 표면침투제의 특성을 파악하고 기초실험을 하였다.

2. 표면침투제의 종류 및 특성

일반적으로 유기계와 무기계에 따라 표면침투제는 상이한 특성을 나타내기 때문에 표 1에 나타난 바와 같이 4종류의 무기계와 2종류의 유·무기계의 표면침투제를 선택하여 기초실험을 하였다. 본 연구에서는 표면침투제가 콘크리트 내부로 침투하는데 중요한 인자인 점도는 KS M 3750의 단일회전원통 회전점도계에 준하여 실험하였고 표면장력은 링법에 기초를 둔 Du Nory 장력계를 사용하여 측정하였다.

* 정회원, 상지대학교 건설시스템공학과 부교수

** 정회원, 상지대학교 대학원

*** 정회원 비엔티엔지니어링

표 1 표면침투제의 종류와 특성

| 종류 | 주성분 | 색상 | 점도 (cp) | 표면장력 (dyne/cm) | 용매 |
|--------------|--|-----|---------|----------------|-----|
| A (무기계) | Potassium Silicate | 무색 | 3.96 | 61 | 물 |
| B (유·무기계) | R ₂ O Type (Silicate+Sodium Alginate + Solution Polymer) | 하늘색 | 4.13 | 38 | 물 |
| C (무기계) | Silane-siloxane | 연녹색 | 3.85 | 28 | 알코올 |
| D (무기계) | Silicate | 무색 | 3.72 | 26 | 알코올 |
| E (무기계) | Modified Sodium Silicate | 하늘색 | 4.16 | 35 | 물 |
| F (유·무기계) | Silicate Type + Polymer dispersion | 연녹색 | 4.56 | 36 | 물 |

3. 표면침투제의 성능평가

3.1 공시체 제작

표 2와 같이 레미콘을 이용하여 제작한 시험용 콘크리트 공시체로 표면침투제의 성능평가를 하였다.

표 2 콘크리트 시방배합

| 설계기준강도 (MPa) | 굵은골재 최대치수 (mm) | 슬럼프 (cm) | 공기량 (%) | W/C (%) | 잔골재율 (%) | 단위중량 (kg/m ³) | | | |
|--------------|----------------|----------|---------|---------|----------|---------------------------|-----|-----|------|
| | | | | | | 물 | 시멘트 | 잔골재 | 굵은골재 |
| 21 | 19 | 15 | 4.0 | 54.2 | 46.8 | 187 | 345 | 807 | 946 |

3.2 침투성능 및 방수성능

(1) 시험방법

재령 28일이 경과한 Ø100×200mm의 공시체를 표면침투제 종류별로 1시간동안 그림 1과 같은 방법으로 일 방향 침적 시킨 후 침투성능 시험은 이등분 할렬하여 표면침투제의 침투깊이를 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하였고, 흡수성능 시험은 흡수전의 시편 무게를 측정하고, 흡수 후의 시편 무게를 일정하게 측정하였으며, 식 1을 이용하여 계산하였다.

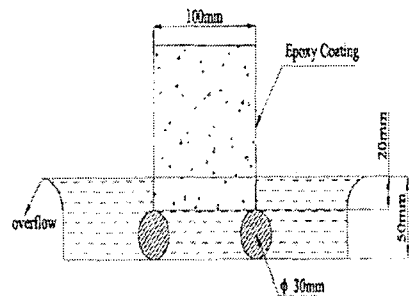


그림 1 침투 및 방수성능 측정

$$\text{흡수율} : A = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

- 여기서, A : 흡수율 (%)
 W₁ : 흡수 전 시편무게 (g)
 W₂ : 흡수 후 시편무게 (g)

(2) 실험결과

표면침투제의 침투깊이는 표 3에 나타난 바와 같이 종류별로 1~13mm이다. 표면침투제의 침투원리는 콘크리트의 모세관 공극보다 작은 나노크기의 반응물질 입자가 모세관 흡입력에 의해 침투하고, 반응물질의 반응으로 겔(gel)화되어 불투수층을 형성한다. 이때 반응속도에 따라 불투수층의 깊이가 다른 것으로 판단된다. 즉, 반응속도가 너무 빠르면 먼저 침투한 반응물질이 겔화되어 뒤이어 침투한 반응물질의 침투를 방해하게 되어 소정의 침투깊이 확보가 어렵다. 본 실험에서 사용한 표면침투제 A~F를 각각 잘게 부순 콘크리트와 섞어서 반응속도를 실험하였고 결과는 표 4에 나타내었다. 표면침투제 A, B, E의 경우 반응물질이 빠르게 겔화되어 진술한 바와 같이 추가적인 반응물질의 침투를 차단한 것으로 판단되며, 표면침투제 C, D, F는 반응물질이 서서히 겔화됨으로 충분히 침투된 것으로 판단된다.

그림 2에 나타난 바와 같이 표면침투제 A, B, C, D를 적용한 공시체의 흡수율은 표면침투제 미적용 공시체의 흡수율 보다 각각 45%, 66%, 71%, 75% 감소한 것으로 나타났으며, 표면침투제 E, F를 적용한 공시체의 흡수율은 표면침투제 미적용 공시체 보다 6% 및 2% 감소하였다.

표 3 표면침투제 종류별 침투깊이 (단위 : mm)

| 종류 | A | B | C | D | E | F |
|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| 침투깊이 | 4.0 | 1.0 | 13.0 | 8.0 | 4.1 | 9.5 |

표 4 표면침투제 종류별 겔(gel)화 시간 (단위 : 분)

| 종류 | A | B | C | D | E | F |
|--------|----|---|-----|------|----|-----|
| 시간 (분) | 10 | 5 | 360 | 1440 | 20 | 120 |

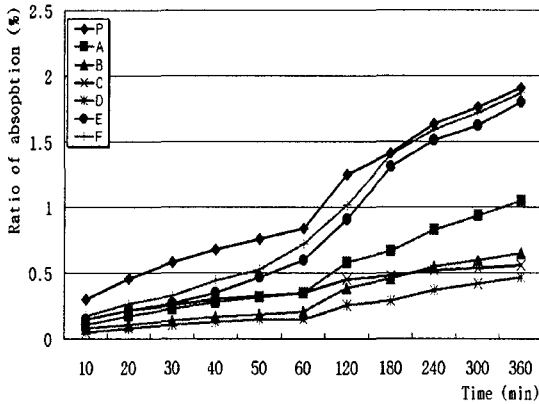


그림 2 흡수율 시험 결과

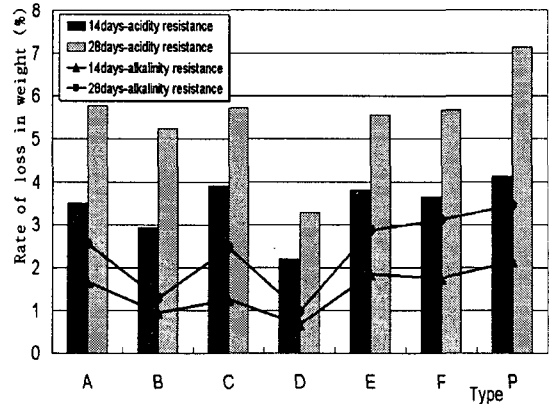


그림 3 내화학 성능 평가

3.4 내화학성능

(1) 시험방법

표면침투제 적용 콘크리트의 화학적 저항성을 평가하기 위하여 1% 황산용액과 5%의 수산화 나트륨용액을 사용하여 14일과 28일간 침적 후 무게감소비를 측정하였다.

(2) 실험결과

그림 3 에서 나타난 바와 같이 표면침투제 D가 내산성 저항성이 가장 우수하며, 표면침투제 B, D가 내알칼리 저항성이 우수한 것으로 나타났다

4. 결론

(1) 표면침투제의 침투깊이 측정결과 무기계는 표면침투제 C, 유·무기계는 표면침투제 F가 가장 큰 것으로 나타났다.

(2) 흡수율실험 결과 무기계는 표면침투제 D, 유·무기계는 표면침투제 B가 각각 75%, 66%감소하여 우수한 것으로 나타났다.

(3) 내화학적 실험결과 무기계는 표면침투제 D, 유·무기계는 표면침투제 B가 우수한 것으로 나타났다.

(4) 실험결과를 종합적으로 분석해보면 무기계에서는 표면침투제 C의 침투성능이 가장 우수하나 흡수율과 내화학적성능에서 표면침투제 D가 우수한 것으로 나타났으며 유·무기계에서는 표면침투제 B가 표면침투제F 보다 침투성능은 낮았지만, 흡수성능과 내화학적성이 우수한 것으로 나타났다.

표 5 표면침투제의 성능비교

| 실험 종류 | 침투깊이 | 흡수율 | 내화학적성 (무게 감소비) | |
|--------------|--------|-------|-------------------|-------|
| | | | 산성 | 알카리성 |
| A (무기계) | 4.0mm | 45%감소 | 5.78% | 2.55% |
| B (유·무기계) | 1.0mm | 66%감소 | 5.25% | 1.28% |
| C (무기계) | 13.0mm | 71%감소 | 5.72% | 5.72% |
| D (무기계) | 8.0mm | 75%감소 | 3.28% | 0.98% |
| E (무기계) | 4.1mm | 8% | 5.56% | 2.87% |
| F (유·무기계) | 9.5mm | 2%감소 | 5.67% | 3.12% |

본 실험을 통하여 최적의 무기계와 유·무기계 재료를 선정하기 위해 실시한 기초실험 결과를 종합적으로 분석한 결과 최적의 무기계 표면침투제는 주성분이 Silicate인 "D"와 유·무기계 표면침투제는 주성분이 R₂O 및 해조류추출물인 "B"인 것으로 판단된다. 추후 선정된 표면침투제의 현장 적용성에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 산업자원부 전력산업 연구개발 사업의 지원을 받아 수행되었으며 관계 제위께 깊은 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 김도겸의 "콘크리트 표면처리용 성능개선제의 방수·열화억제 성능에 관한 실험적 연구", 한국구조물진단학회, 2002년도 가을학술발표논문집 pp.336~338
- 2) 류금성, 고경택, 김도겸, 김성욱, 이장화 "도포형 표면강화돌질 적용 콘크리트의 침투력 검토" 대한토목학회 창립 50주년 기념 학술 발표회 2001. pp.2
- 3) 이용준 "표면침투제를 적용한 기존 콘크리트의 내구성 향상" 상지대학교 석사학위 논문. 2003. pp.15~19
- 4) A. M. Neville. "properites of concrete" welly. 1997 pp.482~525