

알루미늄에이트계 급결제를 사용한 슛크리트의 화학적침식에 대한 강도 특성

The Strength Properties of Chemical Attack of Shotcrete using the Aluminate Accelerator

김 성 수* 이 정 배** 윤 하 영*** 한 승 우****

Kim, Seong Soo Lee, Jung Bae Yoon, Ha Young Han, Seung Woo

ABSTRACT

This study investigated the strength of shotcrete with aluminate accelerator to connect with the proper repair methods or monitoring skills in subway, cable tunnel and underground storage. In order to approach these goals, the shotcrete specimens were exposed to acid, sulfate and seawater environments, and strength properties of the shotcrete suffering from the attacking sources were examined.

1. 서론

국내 철도 및 도로 등의 터널구조물은 안전관리를 위한 지침 및 매뉴얼이 각 기관별로 제정되었으나, 터널구조물 배면 부분의 접근이 불가능한 특수성으로 인하여 육안으로만 관측 가능한 콘크리트 라이닝의 상태평가에 국한되어 있다. 따라서 터널구조물의 안전관리를 위한 구조적 안정성을 객관적으로 판단하기 어려우며, 보수/보강 공법과의 연계성 미비 및 안전관리 계획과의 연계성이 부족한 실정이다.

향후 대대적 신규 국토개발사업 종료시점에 도달될 국내실정을 고려할 때, 구조물의 신규 건설비용보다는 기존의 구조물에 대한 유지관리비가 급격히 증가될 것으로 예상되기 때문에 터널구조물의 안전관리를 위한 효율적인 체계에 대한 연구가 절실히 필요한 상황이다

따라서 본 연구는 터널구조물이 위치하게 될 환경조건에 대하여 현장에서 타설한 슛크리트를 대상으로 실내 실험하고 그 결과를 바탕으로 기존 터널구조물에 대한 안전관리 시 환경조건에 따른 성능저하정도를 평가하며 화학적 침식관련에 있어 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다

2. 실험개요

-
- * 정회원, 대전대학교 건설시스템공학과 부교수
 - ** 정회원, 삼영유화산업주식회사 재료개발팀 팀장
 - *** 정회원, (주)KCC건설 사원
 - **** 정회원, 대전대학교 토목공학과 석사과정

2.1 사용재료

(1) 시멘트 : 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며 그 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

(2) 골재 : 잔골재는 비중 2.60, 흡수율 1.20%, F.M. 2.80인 경북경산 지역의 것을 사용하였으며, 굵은골재는 최대치수가 13mm이고 비중 2.59, 흡수율 0.80%, F.M. 7.30인 경북경산 지역의 골재를 사용하였다.

표 1 보통포틀랜드시멘트의 화학성분 및 물리적 성질

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Ig. loss (%)	Specific gravity	Blaine (cm ² /g)
21.7	5.7	3.2	63.1	2.8	2.2	1.3	3.15	3,120

(3) 혼화재료 : 알루미늄네이트 급결제와 나프탈렌계 유동화제 사용하였으며, 물리적 성질은 표 2에 나타내었다.

표 2 혼화제의 물리적 성질

Main component	Naphthalene acid based compound	Aluminate alkali based compound
Appearance	Dark brown liquid	White powder
Solid content	40±2%	-
Specific gravity	1.2±0.05	1.5
pH	8±1	13.0

(4) 실험용액 : 기준조건(수도수 20℃), 산(pH 1, pH 2, pH 3), 해수(1배농도, 2배농도), 황산염환경(1% 2% 5%), 4종류의 용액을 사용하였으며 용액교체 주기를 2주를 기본으로 하고 산침식 환경의 경우 1주일 간격으로 용액을 교체하였다.

2.2 실험배합

현장의 배치플랜트를 이용하여 자동계량 하였으며 쏫크리트의 배합은 표 3과 같다.

표 3 쏫크리트의 배합

f _{ck} (MPa)	G _{max} (mm)	Slump (mm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)				Admixtures (kg)	
						W	C	S	G	Accelerator	Plasticizer
21	13	100	-	45	62	204	453	1132	572	2.27	0.23

2.3 실험방법

(1) 압축강도 : 실험 용액에 침지한 φ5.5×110mm 원주형고어공시체의 상·하부면을 유황깁핑을 한 후 KS F 2405, KS F 2422규정에 의해 각 재령별 압축강도를 5개씩 측정하여 표 4의 보정 계수를 곱하여 코어 공시체의 압축강도로 환산하였다.

(2) 부착강도 : 실험 용액에 침지한 φ55×110mm 원주형 코어공시체를 ASTM D 2936-95와 C

1404/C 1404M-98을 근거로 그림 1과 같이 glued type 방법으로 부착강도를 측정하였다

표 4 압축강도의 보정계수

높이/직경*(h/d)	2.00	1.75	1.50	1.25	1.10	1.00	0.75	0.50
보정 계수	1.00	0.98	0.96	0.94	0.90	0.85	0.70	0.50

* h/d가 중간값 일 경우에는 직선보간법을 이용하여 보정계수를 구한다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 압축강도특성

그림 2는 산, 황산염 및 해수 3가지 환경조건의 농도별 용액을 각각 제조하여 숏크리트 코어공시체를 50주간 침지 후 재령별로 압축강도를 측정하 값을 나타낸 것이다. 해수의 경우 침지재령 8주까지는 강도가 증진되며 그 이후에는 강도감소 경향을 볼 수 있었다 이는 해수중의 염소이온 침투로 인한 시멘트의 수화축진, 혹은 반응생성물의 공극내 존재에 의한 밀도증가 때문인 것으로 사료되며 보다 장기 재령에서의 거동을 확인할 필요가 있을 것으로 사료된다

황산염의 경우 초기재령에서 수중양생 숏크리트의 압축강도를 상회하였으며 농도가 높을수록 더욱 높은 강도증가 현상을 보였다. 반면 침지재령 4주 이후재령에서는 반대로 농도가 높을수록 강도 감소현상이 크게 나타났으며 침지재령 32주 이후에는 공시체의 파괴로 더 이상 측정을 할 수 없었다. 이와 같이 초기재령에서 강도가 증진하는 이유는 시멘트 수화 생성물과 내부에 침투된 황산염 이온의 반응으로 인하여 생성된 팽창성 물질에 의한 것으로 사료되며 4주 이후의 강도감소는 팽창성 물질의 과도한 생성으로 인한 공시체의 균열발생과 연화현상에 의한 것으로 사료된다

염산용액의 경우 침지재령 4주까지는 염산의 농도와 관계없이 유사한 강도발현 특성을 나타내었으나 그 이후의 재령에서의 압축강도는 거의 직선적으로 감소하는 것을 볼 수 있다.

산침식을 받은 숏크리트 코어 공시체가 그림 2와 같은 강도발현 특성을 보이는 것은 초기 재령

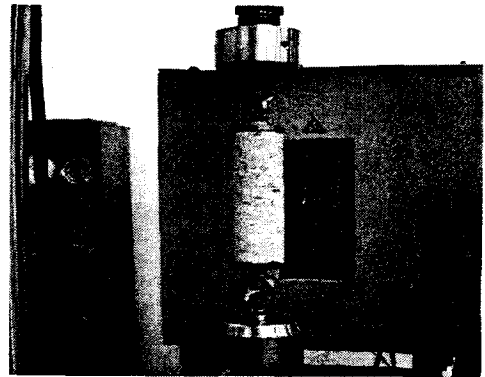


그림 1 직접인장시험(glued type)

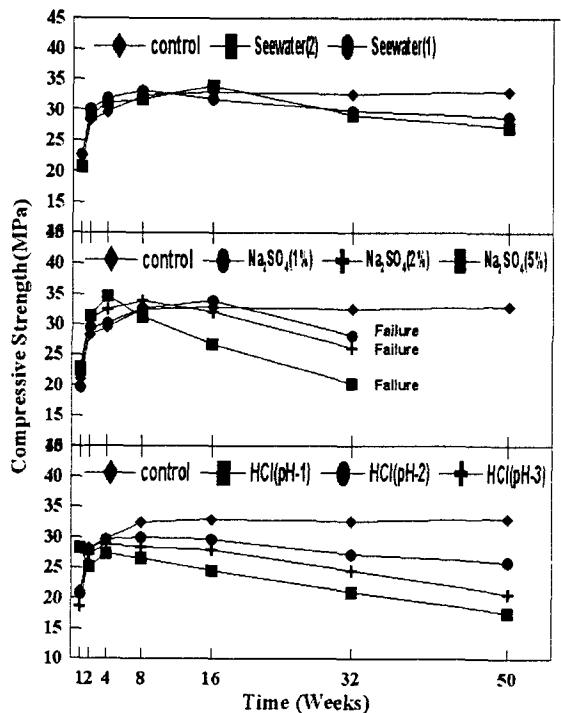


그림 2 침지 재령별 숏크리트 코어 공시체의 압축강도

에서는 수화반응의 진행으로 강도가 증진되었으나, 그 이후에는 숏크리트 표면부에서 산침식에 의하여 수화생성물의 분해가 진행되면서 성능저하가 심해진 탓으로 사료된다.

3.2 부착강도특성

그림 3은 3가지 환경조건의 농도별 용액을 각각 제조하여 숏크리트 코어공시체를 32주간 침지 후 재령별로 부착강도를 측정된 값을 나타낸 것이다.

인공해수는 1배농도의 경우 4주에서 2배 농도는 8주에서 부착강도가 가장 크게 나타나고 그 이후 계속적인 감소현상을 나타내었다. 이는 인공해수 중의 염소이온의 영향으로 시멘트 수화가 촉진되거나 혹은 반응생성물이 공극 내에 존재하여 콘크리트의 밀도가 증가되어 강도가 증진된 것으로 사료된다.

황산염 용액 역시 초기 재령에서 높은 부착력을 나타내었으며 장기재령에서는 계속적으로 강도가 감소하였다 이는 계면으로 침투한 황산염이온의 반응으로 생긴 팽창성 물질이 밀도를 높여 초기에는 강도가 상승하였으나 시간이 지남에 따라 과도한 생성으로 인한 균열 및 연화현상으로 부착강도가 감소된 것으로 사료된다.

산 용액의 경우 재령2주까지는 강도가 증가하는 모습을 볼 수 있었으나 그 이후 장기재령에서는 계속적인 감소를 보였다.

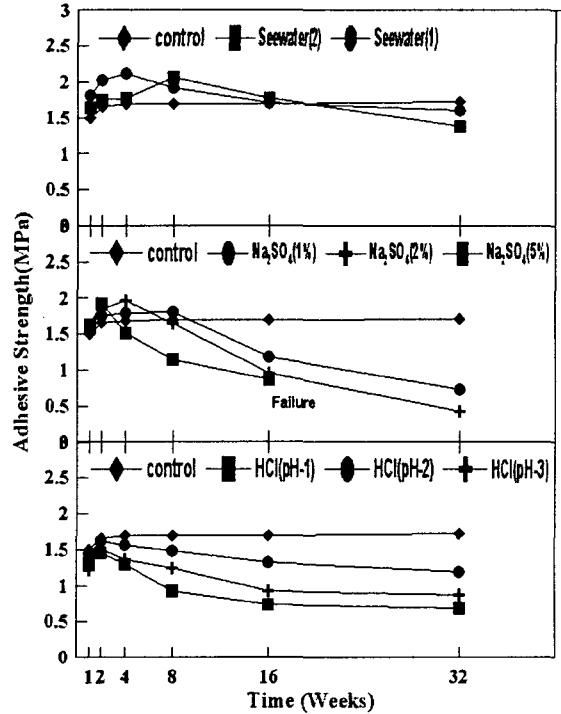


그림 3 침지 재령별 숏크리트 코어 공시체의 부착강도

4. 결론

본 연구는 3종류(산, 황산염, 인공해수)의 유해환경을 설정하여 현장에서 타설한 알루미늄계 급결제를 사용한 숏크리트를 대상으로 실내 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

3종류의 용액에 침지한 숏크리트는 용액의 종류에 관계없이 초기재령에서 숏크리트 내부 공극에 팽창성물질의 생성으로 인하여 콘크리트 밀도를 증가시켜 압축 및 부착강도증가 현상을 보여주었으나 장기재령에서는 팽창성 물질의 과도한 생성으로 오히려 강도가 감소하는 현상을 보여주었다.

참고문헌

1. 문한영, 김성수(1992), 화학약품용액에 침지한 콘크리트의 열화에 대한 연구, 대한토목학회논문집, 제12권 제2호, pp. 55-66.
2. 박해균, 이명섭, 김재권, 정명근(2002), 고품질 숏크리트 개발을 위한 새로운 급결제 적용, 터널기술 논문집, Vol. 4, No. 1, pp. 45-55.