

광물질 혼화재를 혼입한 쏫크리트의 실험적 연구

Experimental Study Of Shotcrete Containing Mineral Admixture

김 성 수* 정 호 섭** 박 광 필*** 이 정 배**** 이 용 광***** 전 효 성*****
S. S. Kim, H. S. Jung, K. P. Park, J. B. Lee, Y. G. Lee, H. S. Jun,

ABSTRACT

In order to efficient use of land and development of human, a lot of research on the utilization of underground space is being progress. For the smooth flow of traffic, in the case of mountainous terrain like our country, construction of the tunnel is rapidly increasing. The NATM method is used mainly in the domestic. And also, a lot of research for the NATM is underway, but aspects of the material are lacking. In this study, therefore, it is to evaluate the properties of durability according to mixing ratio and a kind of mineral admixture for the development of shotcrete performance by using the MATM.

요 약

인류의 발전과 국토의 효율적인 사용목적으로 지하공간의 활용에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 특히 우리나라와 같이 산악지형이 많은 경우 교통의 원활한 흐름을 위해 터널의 시공이 급격히 증가하고 있는 실정이다. 국내 터널의 경우 NATM공법이 주로 사용되고 있으며, NATM공법에 대한 연구는 많이 이루어지고 있으나 재료적인 측면에서는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 NATM에 적용하는 쏫크리트의 성능개선을 위하여 광물질 혼화재의 종류 및 혼입률의 변화에 따른 건조수축, 탄산화 및 염소이온 침투저항성을 평가하였다. 실험결과 염소이온 침투저항성에서는 실리카폼을 혼입한 쏫크리트가 염소이온 침투 저항성이 높게 나타났으며, 고로슬래그 미분말 또한 좋은 결과를 나타내었으나, 길이변화 및 탄산화에서는 광물질 혼화재 혼입률이 높아질수록 다소 떨어지는 결과를 보였다.

향후 경제성과 내구성 확보를 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

* 정회원, 대진대학교, 건설시스템공학과, 부교수
** 정회원, 한국건설기술연구원, 선임연구원, 공학박사
*** 정회원, 대진대학교, 토목공학과, 박사수료
**** 정회원, 대진대학교, 토목공학과, 박사과정
***** 정회원, 대진대학교, 토목공학과, 석사과정
***** 정회원, 대진대학교, 토목공학과, 석사과정

1. 서 론

최근 국내에서는 터널의 시공이 급격히 증가하고 있는 실정이다. 터널시공에 있어 숏크리는 1차 지보재로 터널의 지반 이완을 방지하고 원지반의 강도를 유지하여 조기강도 확보, 굴착 암반과의 부착성 향상 등의 터널시공 초기 안정성을 유지하는 목적으로 시공되고 있다. 그러나 최근 유럽 및 일본 등에서 양질의 암반 특성을 살린 영구 숏크리트 라이닝 터널 개념의 연구와 시공사례가 증가하고 있으며, 우리나라의 경우 양질의 암반이 많이 분포하고 있어 영구 숏크리트 라이닝 터널의 시공시 공사비 절감의 효과가 클 것으로 예상된다. 이에 따라 숏크리트가 2차 콘크리트 라이닝을 대체하거나 생략하기 위하여 성능개선이 필수적일 것이다.

따라서, 본 연구는 광물질 혼화재를 혼입한 숏크리트의 성능개선 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

(1) 시멘트 및 광물질 혼화재 : 본 연구에 사용된 시멘트는 KS L 5201에 준하는 1종 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC 칭함)와 광물질 혼화재 실라카폼(이하 SF라 칭함), 고로슬래그 미분말(이하 SG라 칭함)을 사용하였으며, 물리적 성질은 표 1에 나타내었다.

(2) 골재 : 본 연구에 사용된 잔골재는 비중이 2.60 및 F.M. 2.73인 강모래와 부순모래를 혼합한 것을 사용하였으며, 굵은골재는 최대치수가 13mm이고, 비중이 2.60인 부순골재를 사용하였다.

(3) 화학혼화제 : 유동성 및 공기량 확보를 위해 폴리카본산계 유동화제와 AE제를 사용하였다.

표 1. 보통포틀랜드시멘트 및 광물질 혼화제의 화학성분 및 물리적 성질

Items types	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Specific Gravity	Fineness (cm ² /g)
OPC	21.7	5.7	3.2	63.1	2.8	2.2	-	-	3.15	3,120
SF	91.2	1.3	0.8	0.7	0.3	-	0.47	0.84	2.2	204,700
SG	33	14.24	0.3	41.4	6.14	3.36	-	-	2.90	4,880

2.2 실험배합

본 연구에 사용된 배합은 한국도로공사 품질기준에 준하는 배합으로 설계기준강도 21MPa이며, 표 2에 나타내었다. 광물질 혼화제의 혼입률에 따라 SF(10, 20%), SG(35, 50, 60%)를 OPC에 혼입하였고, 내구성과 작업성을 고려하여 공기량은 4.5±0.5%, 슬럼프는 100±15mm로 정하였다.

표 2 숏크리트의 배합

Items Types	G _{max} (mm)	Slump (mm)	Air (%)	W/B (%)	S/a (%)	Unit Weight (kg/m ³)			
						W	C	S	G
21MPa	13	100	4.5	45	62	204	453	1132	572

2.3 실험 방법

숏크리트의 내구특성 평가를 위하여 길이변화시험(KS F 2424)을 실시하였고, 또한 탄산화촉진시험(KS F 2584) 및 염소이온침투 저항성(KS F 2711)을 재령 28일에 각각 KS 규격에 의하여 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 길이변화

그림 1과 그림 2는 SF 및 SG의 혼입률에 따른 체적변화를 알아보기 위하여 길이변화시험을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 초기재령의 경우 SF의 혼입률에 따른 변화가 작지만 재령 28일에서는 OPC에 비해 큰 변화를 나타내었으며, SG의 경우에도 혼입률이 높을수록 OPC에 비해 큰 변화율을 나타내었다. 그러나 SG의 경우 SF에 비해 체적변화가 작게 측정되었다. 이는 OPC에 비해 높은 분말도의 SF 및 SG의 혼입으로 인한 것으로 판단된다.

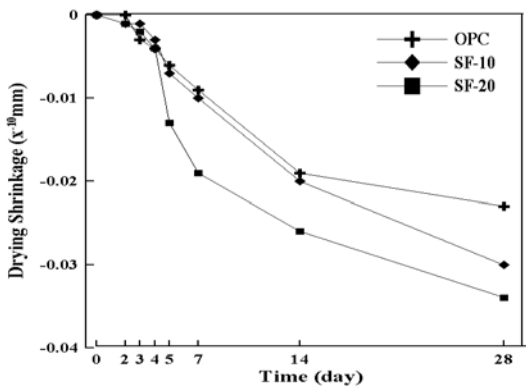


그림 1 SF의 건조수축 특성

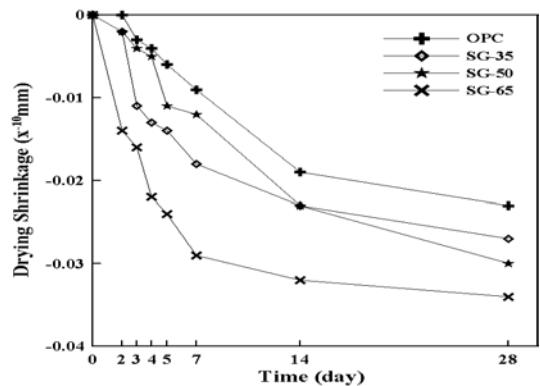


그림 2 SG의 건조수축 특성

3.2 탄산화

탄산화촉진시험 측정 결과를 그림 3에 나타내었다. OPC의 경우 시간이 경과함에 따라 급속하게 탄산화가 진행되는 것에 비해 SG-35, 50 및 SF-10은 비교적 완만하게 탄산화가 진행 되었다. 또한 SF-20과 SG-65의 경우 탄산화 깊이 및 진행속도가 빠르게 나타났다. 측정결과 SF와 SG 모두 혼입률의 증가에 따라 탄산화 측정 깊이가 크게 나타났다.

3.3 염소이온침투 저항성

그림 4는 광물질 혼화제의 혼입률에 따른 염소이온침투 저항성을 알아보기 위해 전위차에 의한 확산시험을 실시하여 측정된 확산계수를 나타낸 것이다. OPC의 경우 염소이온침투에 대한 확산계수 값이 $9.5 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{sec}$ 로 측정되었으며, SF의 경우 혼입률의 변화에 따라 작은 차이를 보였지만 혼입률이 증가할수록 확산계수가 작게 나타났다. SG의 경우 SF와 같이 혼입률이 증가할수록 확산계수가 감소하였으며, OPC에 비해 우수한 확산계수를 보였다. 이는 SF 및 SG의 포졸란 반응에 의해 숏크리트의 구조가 치밀해진 것으로 판단된다.

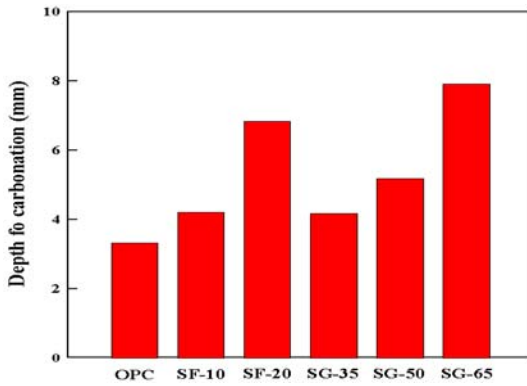


그림 3 탄산화 깊이 특성

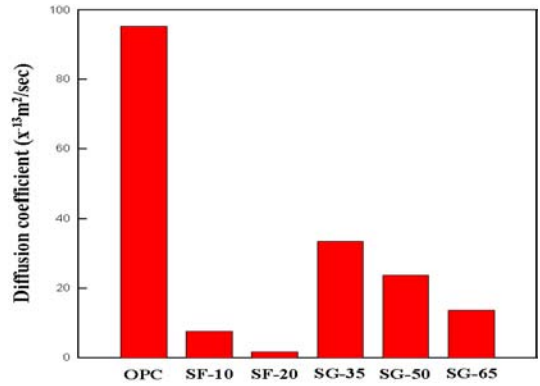


그림 4 확산계수 특성

4. 결 론

샷크리트의 성능개선을 위해 광물질 혼화재의 혼입률을 달리하여 길이변화와 탄산화, 염소이온 침투 저항성에 대하여 실험적으로 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 광물질 혼화재의 혼입률에 따른 길이변화시험을 실시한 결과 혼입률이 증가함에 따라 높은 체적변화를 나타냈지만, SG의 경우 SF에 비해 체적변화가 작게 측정되었다.
- 2) 건조수축과 같이 혼입률이 증가 할수록 탄산화 깊이가 높게 나타내었지만, OPC의 경우 가파른 상승곡선을 보여 추후 장기적인 탄산화깊이 측정을 통하여 OPC와 SG-35, SF-10에 대한 연구가 필요 할 것으로 판단된다.
- 3) 염소이온침투 저항성 시험결과 SG와 SF의 혼입률이 증가할수록 샷크리트의 확산계수가 감소하였으며 SF-20이 가장 좋은 결과를 나타내었다.

참고문헌

1. 정호섭, 이승태, 김종필, 박광필, 김성수 “중질탄산칼슘을 혼입한 시멘트 경화체의 염소이온 확산특성 평가” 2006년 봄 학술발표회 논문집(18권1호) pp.553-556
2. 한승우, 김홍삼, 이찬영, 정해문, 안태송 “슬래그 미분말 혼입률에 따른 도로 구조물용 고성능 콘크리트의 압축강도 및 촉진 염소이온 확산 특성, 2008년 봄 학술발표회 논문집(20권1호) pp.885-888
3. Melbye, T. A. and Dimmock, R. H., “Modern Advances and Applications of Sprayed Concrete”, Keynote Paper Given at the International Conference on Engineering Developments in Shotcrete, Hobart, Tasmania, Australia, April 2-4, 2001, pp.1~25.