

상동광산 광미를 혼합한 흙도로 포장용 모르타르의 압축강도 특성

최연왕*, 정문영**, 정명채** 정재권***
세명대학교 토목공학과*, 세명대학교 자원환경공학과**, 세명대학교 토목공학과 석사과정***

Properties of Compressive Strength of Mortar Mixed with Tailings from the Sangdong Tungsten Mine for Soil Pavement

Choi, Yun Wang*, Jung, Moon Young**, Jung, Myung Chae**, Jung, Jea Gwon***
* **Semyung University Civil Engineering, **Resources Engineering

ABSTRACT

본 연구에서는 국내 폐금속광산의 대표적인 폐기물 중 상동광산광미를 안정화, 고형화 및 감량화 시키기 위한 일환으로 광미를 실용적인 흙도로 포장재료로 사용하기 위한 모르타르 실험을 실시하였다. 모르타르에 사용된 고화제는 시멘트계 고화제를 사용하였으며, 상동광미는 대상 흙에 대하여 10% 중량비 치환한 경우 강도증진 효과가 있었다. 따라서 상동광미를 흙도로용 포장재료로 사용할 수 있는 가능성을 얻을 수 있었다.

1. 서론

국내에는 1980년대부터 시행된 산업합리화 정책에 따라 총 906개의 폐광산이 산재되어 있으며, 이중 90% 이상이 적절한 환경처리 없이 휴광 또는 폐광상태로 방치되어 2차적 환경오염원으로 작용할 가능성이 높아지고 있다. 특히, 2002년 8월의 태풍 "루사"와 같은 집중폭우로 광산폐기물이 유출됨에 따라 주변하천과 지하수 및 토양에 대한 2차 환경오염을 일으켜 심각한 사회적 문제로 대두되고 있는 실정이다. 이러한 휴/폐광 광산의 광해방지사업으로 환경부에서는 97년 이후 1500억원 규모의 오염방지 사업을 실시하였으며, 산업자원부의 경우 2002년부터 2007년까지 5년간에 걸쳐 오염물질 유출가능성이 있는 50개 광산에 대해 광해방지 대책을 추진하고 있으나, 효과적인 복원기술이 미비하여 단순복토에 의존하거나, 일부 광산지역을 대상으로 환경처리 시설을 설치하는 수준으로 시행되고 있다. 그러나, 환경오염원인 광산폐기물을 근본적으로 처리하기 위해서는 광산폐기물을 순환자원으로 인식하여 전량 물질전환법에 의해 재활용하는 것이 가장 바람직한 방법이라고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 국내의 대표적인 폐금속광산인 상동지역 중석광 폐광미를 건설재료인 흙도로 포장(soil cement pavement)용 재료로 사용가능한지 여부를 알아보기 위한 연구의 일환으로 시멘트계 고화제인 New Road Compound(NRC) 및 폐광미를 혼합한 모르타르를 제조하여 수화생성물 및 압축강도 특성을 검토하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트 및 폐광미

시멘트는 비중 3.15의 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함)를 사용하였으며, 폐광미(이하 TA로 약함)는 강원도 영월군의 상동광산 광미로 그 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다. TA의 입도분포 분석은 영국 Malvern사의 Mastersizer S를 이용하여 실시한 결과 D_{50} 이 $33.71\mu\text{m}$ 이며, 입도분포는 $0.09\sim 222\mu\text{m}$ 의 범위로 그림 1과 같다. 또한 TA의 입형을 알아보기 위하여 SEM 촬영 결과(x2000)를 나타낸 것이 그림 2이다.

표 1. 시멘트 및 광미 미분말의 화학성분 및 물리적 성질

Items Types	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Specific Gravity	Specific Surface Area (cm ² /g)
OPC	21.60	6.00	3.10	61.40	3.40	2.50	3.15	3,539
T A	59.00	10.90	11.3	14.00	17.00	-	2.6	1,198

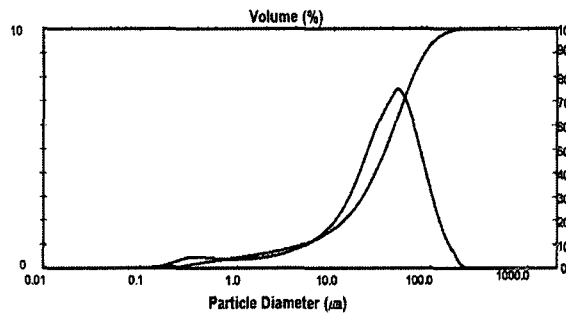


그림 1. TA의 입도분포 곡선



그림 2. TA의 SEM(x2000)

2.1.2. 고화제

고화제는 OPC에 소듐카보네이트 및 알루미늄설페이트로 제조된 New Road Compound(이하 NRC로 약함)를 혼합한 시멘트계 고화제를 사용하였으며, NRC의 화학성분은 표 2와 같다.

2.1.3 대상토

흙은 최대건조밀도($V_d \text{ max}$) 및 최적함수비(OMC)가 각각 2.014 g/cm^3 , 9.41%인 사질토를 건조조에 $100\pm 5^\circ\text{C}$ 로 24시간 이상 건조시켜 토립자내의 수분을 완전히 제거 후 사용하였다.

표 2. NRC의 화학성분

Items Type	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	SO ₃ (%)	Ig.Loss
NRC	5.30	33.00	1.00	12.00	1.00	5.00	42.2	0.5

2.2 실험방법

2.2.1 XRD 분석 및 SEM 촬영

OPC와 NRC를 혼합한 고화제에 TA를 사질토 혼합한 모르타르를 분쇄한 후 $150\mu\text{m}$ 체를 통과하여 채취한 시료에 대하여 RINT D/max 2500(Rigaku)으로서 XRD 분석을 실시하였다. 측정조건은 CuK(Ni, filter) 20kV, 20mA, Scan Speed $2^\circ/\text{min}$, $2\theta=5^\circ\sim 40^\circ$ 로 측정하였다. 또한

수화생성물을 알아보기 위하여 10,000배로 확대하여 SEM 촬영하였다.

2.2.2 모르타르의 압축강도 시험

50×50×50mm의 입방체 모르타르 몰드에 2층 다짐으로 각각 25회씩 실시하고 23±2℃에서 표준양생을 실시한 후 제령 3, 7, 14 및 28일에 KS F 2514에 따라 압축강도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 TA 혼합 모르타르의 XRD 및 SEM 분석

TA를 흡도로 포장용 재료로 활용하기 위하여 사질토에 중량비 15%로 혼합하고 초기강도를 증진시키기 위하여 NRC를 OPC에 대하여 1.5% 혼합하여 모르타르를 제조하였다.

그림 3은 TA 및 NRC를 혼합한 모르타르의 XRD분석 결과를 정리한 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 석영, 장석, 방해석등의 사질토 조성광물이 나타났으며, 또한 고화제의 영향에 의한 에트링가이트 및 Sodium 수화생성물의 피크가 나타났다.

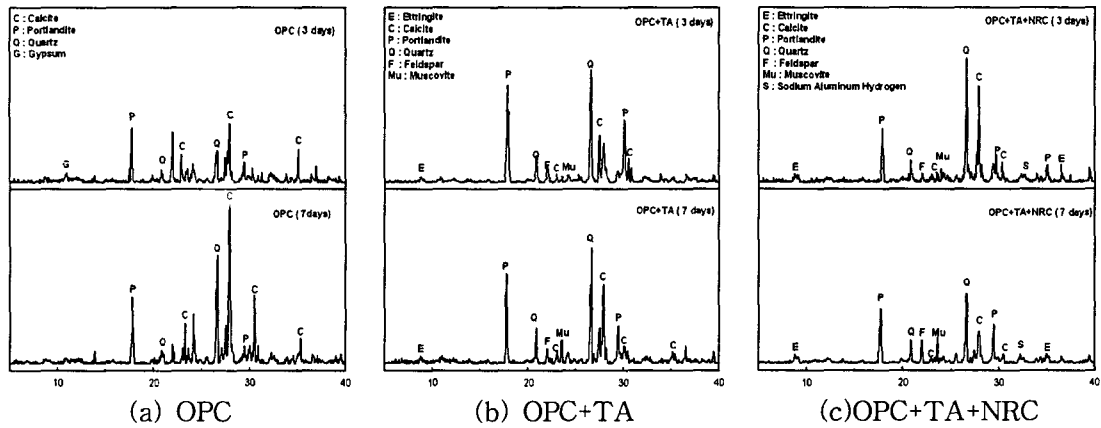


그림 3. 시멘트페이스트의 XRD

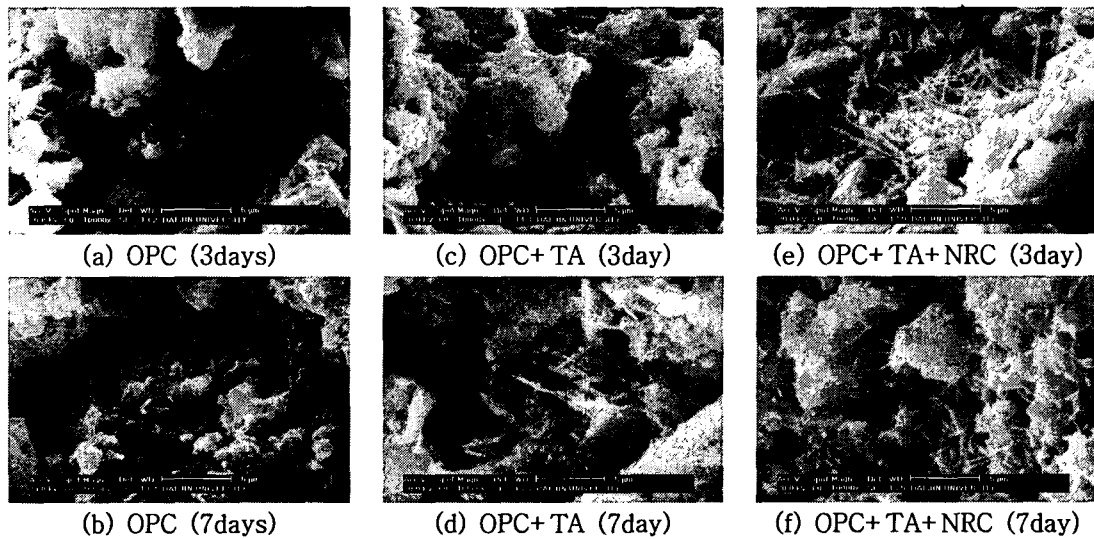


그림 4. SEM 촬영 사진(×10,000)

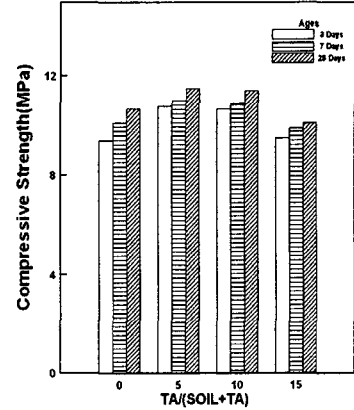
그림 4는 TA 및 NRC를 혼합한 모르타르의 SEM 촬영에 의한 미소조직을 촬영한 것이다.

모르타르의 내부조직이 대부분 수산화칼슘과 에트링가이트 수화생성물로 채워져 있으며, NRC를 혼합함으로써 에트링가이트 생산량이 대량으로 생성되고 있음을 알 수 있다.

3.2 TA의 혼합에 따른 강도특성

그림 5는 TA와 NRC를 혼합하여 제조한 모르타르의 재령별 압축강도를 정리한 것이다.

TA를 혼합하지 않은 모르타르의 압축강도는 재령이 증가함에 따라 약간 증가하였으며, 재령 28일 압축강도는 약 10.8MPa로 재령 3일에 비하여 약 7% 증가하였다. 한편 TA를 흙에 대체하여 혼합함으로써 모르타르의 압축강도는 TA를 혼합하지 않은 모르타르보다 크게 나타났다. 특히 TA 혼합률 5% 및 10%를 혼합할 경우 TA를 혼합하지 않은 모르타르와 비교하여 재령 3일 강도는 약 15% 증진되었으며, 재령 28일 강도는 11.5MPa로 약 7%의 강도를 나타내었다.



이와 같이 TA 및 NRC를 혼합하므로 NRC에 의해 에트링가이트 생성 및 TA 충전효과에 의해 강도 증진이 되었다고 생각된다.

또한 TA를 15% 혼합할 경우 모르타르의 압축강도는 오히려 떨어지는 결과를 나타내어 TA의 최적 혼합률은 10%정도일 것으로 판단되었다.

4. 결론

1. 폐광미 및 고화제를 혼합하여 모르타르의 XRD 및 SEM 분석 결과 에트링가이트가 생성되어 조직이 치밀한 구조가 되었다.
2. 폐광미를 10%, NRC 1.5%를 혼합한 모르타르의 재령 3일 및 28일 압축강도는 약 11MPa 및 11.5MPa로 폐광미를 혼합하지 않은 모르타르에 비하여 강도증진 효과가 있었다.
3. 폐광미를 혼합하여 흙으로 포장용 모르타르에 적용할 경우, 폐광미의 충전효과에 의하여 폐광미의 적정혼합률은 10%정도로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구지원사업의 특성기초연구지원(R-2002-000-00357-0)으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 최연왕 외 4인, “상동광산 광미를 콘크리트용 혼화료로 사용하기 위한 품질특성연구,” 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, 제 15권 1호, 2004, pp775-780
2. 구기정, “휴폐관산 광미를 자기충전 콘크리트용 혼화재료로 활용하기 위한 품질 특성 연구,” 석사학위논문, 세명대학교, 2005