

토양 고형화를 위한 인산염 마그네시아 시멘트 적용 연구

The application of Phosphate Magnesia Cement for Solidification of Soil

최 훈* 최준옥** 송명신*** 문창열****
Choi, Hun Choi, Jun Ok Song, Myongshin Moon, Chang Yeol

ABSTRACT

This study is the application of phosphate magnesia cement for solidification of soils. The object of the study is the application of the pavement of the farm roads. The new pavement method must be environmental, ecologic and durable. So, for solidification of farm road's soil, we use magnesia cement as quick setting, high strength materials. At magnesia phosphate cement, mixing ratio of mono ammonium phosphate and magnesia is 4:6 and w/b is 50 wt%, it show 14 MPa of compressive strength, and high hydration heat. Solidified soils that mixing ratios of magnesia cement and soil are 4:6 and 5:5 have very high durability for freezing and thawing.

요 약

최근 농촌의 생활환경 개선 및 소득기반 조성을 위한 문화마을, 밭 기반 정비사업의 도로포장사업에서는 토양 고형화를 이용한 기계화 경작로 시공이 이루어지고 있다. 기계화 경작로 포장용 도로로서의 기능을 장기적으로 유지할 수 있는 소요강도 및 내구성을 확보할 수 있어야 하며, 금후 추진될 사업량에 대비하여 경제성, 내구성, 유지관리의 용이성, 환경 친화성 등을 만족시킬 수 있는 공법의 개발이 필요하다. 본 연구는 이러한 농어촌 기계화 경작로를 대상으로 속경성이며, 수화 특성이 우수한 인산염 마그네시아 시멘트의 토양 고형제로서의 적용여부에 대해 연구하였다. 연구 결과 인산염 마그네시아 시멘트 배합은 인산염 마그네시아(MAP:MgO)의 배합이 4 : 6에서 W/B = 50 wt%일 때 14MPa로 가장 큰 압축강도와 높은 수화열 특성을 나타냈으며, 대상토-고형제 동결융해 저항성 실험 결과, 인산염 마그네시아 시멘트(MAP:MgO=4:6), W/B=50wt%를 기준으로 치환시료(점성토:표준사=4:6, 3:7) 배합이 가장 우수하였으며, 인산염 마그네시아 시멘트(MAP:MgO=4:6):대상토의 비율이 4:6과 5:5 배합이 동결융해 후의 압축강도 값이 7.0 MPa 이상으로써 가장 우수한 것으로 나타났다.

* 정회원, 강원대학교 삼척캠퍼스, 토목공학과, 석사과정

** 정회원, (주)우일이알에스 연구소장

*** 정회원, 강원대학교 삼척캠퍼스, 화학공학과, 교수

**** 정회원, 강원대학교 삼척캠퍼스, 토목공학과, 교수

1. 서론

최근 농촌의 생활환경 개선 및 소득기반 조성을 위한 문화마을, 밭 기반 정비사업의 도로포장사업에서 많이 적용되고 있는 콘크리트 포장은 장기내구성 및 차량주행성 측면에서는 양호하다고 알려져 있다. 그러나 이러한 콘크리트 포장도로를 대상으로 현장실태 조사결과 콘크리트 도로는 동상(凍上)에 의한 파손이 가장 많았으며, 공사비 부족 등의 이유로 노상층 이하의 다짐이나 지반처리를 제대로 하지 않아 국부적인 도로파손 및 함몰이 생기는 경우가 많다. 또한 유지 보수비가 없거나, 많이 소요될 뿐만 아니라 수명이 다한 뒤에는 건설폐기물이 되어 대부분 매립되어야 하는 환경문제도 가지고 있다. 기계화 경작로 확·포장 사업대상지는 대부분 차량하중이 적고 주행횟수가 많지 않아 흙(현지발생토)을 이용한 포장공법으로도 그 기능을 발휘할 수 있다. 그러나 흙만을 사용하여 포장할 경우 지역별, 토질별로 집중강우 등에 의해 지반이 연약해지거나 동절기 후 농번기 시 차량의 반복통행으로 도로표면의 굴곡이 심하게 나타나는 경우가 있다. 따라서 기계화 경작로 포장은 이러한 단점을 극복할 수 있고, 도로로서의 기능을 장기적으로 유지할 수 있는 소요강도 및 내구성을 확보할 수 있어야 하며, 금 후 추진될 사업량에 대비하여 경제성, 내구성, 유지관리의 용이성, 환경 친화성 등을 만족시킬 수 있는 공법의 개발이 필요하다. 본 연구는 이러한 농어촌 기계화 경작로를 대상으로 속경성이며, 수화 특성이 우수한 인산염 마그네시아 시멘트의 토양 고화재로서의 적용여부에 대해 연구하였다.

2. 실험

2.1 사용재료

본 연구에서 사용된 원료인 제1인산암모늄은 무색~백색의 결정으로 pH는 4.3~5.0이고 비중은 1.8이며, 사소 Magnesia는 1500℃ 이상에서 사소하여 만든 Magnesia Clinker 이며 염기성 내화물에 주원료가 되고 있다. magnesia clinker를 jet mill에서 30분간 분쇄하여 시료로 하였다. 평균 입경은 224.8 μm 이었으며 표1에 화학조성을, 그림1에 입도분포 및 그림 2에 XRD 분석결과를 나타내었다. 그리고 대상토는 강원도 삼척시 중앙로의 야산에서 채취한 CL 계의 점성토를 사용하였다.

2.2 실험 방법

실험에 사용된 흙의 물성 실험은 함수비 시험(KS F 2306), 흙의 액성 한계·소성 한계 시험 방법(KS F 2303), 흙의 입도시험(KS F 2302)에 따라 실시하였으며, 인산염 마그네시아 고화재(MAP/MgO)는 배합비를 3:7, 4:6, 5:5로 하고 W/B = 비율은 40%, 50%, 60%로 하였으며 B:S는 1:2.45로 하였다. 인산염 마그네시아 고화재에 의한 토양 고형화 배합설계는 표 3의 배합예와 같이 인산염 마그네시아 시멘트 : 치환시료(표준사 + 점성토) = 1:9, 1.5:8.5, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3 치환시료(점성토 : 표준사) = 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3의 비율로 하였으며 함수비는 흙의 액성한계 40% + W/B = 50%의 값을 적용하였다.

표 1. 사소 마그네시아의 화학적 조성

SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
8.21	1.02	0.61	85.7	-	-	-	-	-	-	-

각 배합비에 대한 수화열 측정을 실시하였으며, 인산염 마그네시아 시멘트에 의해 고형화 된 흙의 물성실험은 흙 시멘트 압축 강도 시험 방법(KS F 2328)에 의해 MAP:MgO 배합 및 치환시료(점성토 : 표준사)에 따른 압축강도를 측정하였으며 내구성에 대한 실험은 급속 동결 용해에 대한 콘크리트의 저항 시험 방법(KS F 2456)에 준하여 실험하였다.

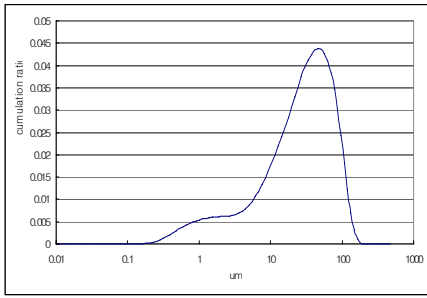


그림 1. 사소 magnesia의 입도분포

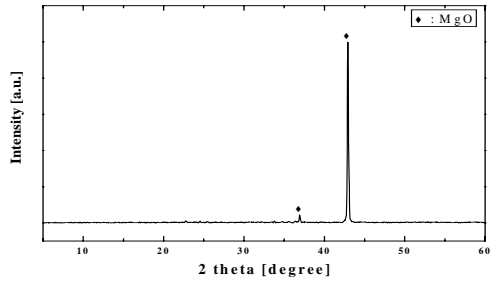


그림 2. 사소 magnesia의 XRD 결과

표2. 배합예(인산염마그네시아 시멘트(4:6) : 치환시료(3:7))

인산염마그네시아 시멘트		치환시료		물	
MAP(g)	MgO(g)	점성토(g)	표준사(g)	액성한계(g)	W/B=50%(g)
304	456	798	342	319.2	380

3. 결과 및 고찰

3.1 인산염 마그네시아 시멘트

인산염 마그네시아 시멘트의 수경성 시멘트 모르타르의 압축 강도 시험 방법(KS L 5105)에 준하여 강도를 측정한 결과 인산염 마그네시아(MAP:MgO)의 함량이 4 : 6의 비율에서 그리고 함수비 50%일 때 가장 큰 강도를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

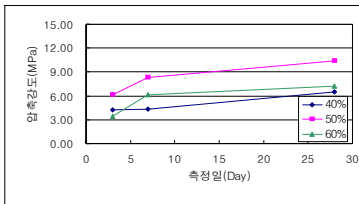


그림 3. MAP:MgO=3:7 압축강도

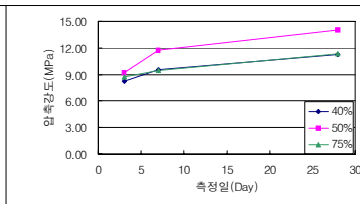


그림 4. MAP:MgO=4:6 압축강도

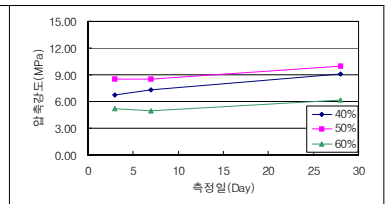


그림 5. MAP:MgO=5:5 압축강도

3.2 대상토의 특성

실험에 이용된 대상토의 물성을 표 3.에 나타내었다. 통일 분류법으로 분류한 결과 실트질을 많이 포함하고 있는 점성토인 것으로 나타났다.

표 3. 대상토의 물성

시 험 항 목	결 과	시 험 항 목	결 과	시 험 항 목	결 과
비 중	2.53	액 성 한 계	37.7%	소 성 지 수	21.6%
자 연 함수 비	13.4%	소 성 한 계	16.1%	균 등 계 수	39.3

3.3 흙-인산염 마그네시아 시멘트의 압축강도 및 동결융해

인산염 마그네시아 시멘트를 흙(치환시료)에 적용한 결과 전체적으로 농업기반공사에서 기계화 경작로를 대상으로 요구하는 동결융해 전후 압축강도 기준 2.5MPa 이상을 만족하였으며, 특히 인산염 마

그네시아 시멘트(MAP:MgO=4:6), W/B=50wt%를 기준으로 치환시료(점성토:표준사=4:6, 3:7) 배합이 가장 우수하였으며, 인산염 마그네시아 시멘트(MAP:MgO=4:6):대상토의 비율이 6:4과 5:5 배합이 동결 융해 후의 압축강도 값이 7.0 MPa 이상으로써 가장 우수한 것으로 나타났다.

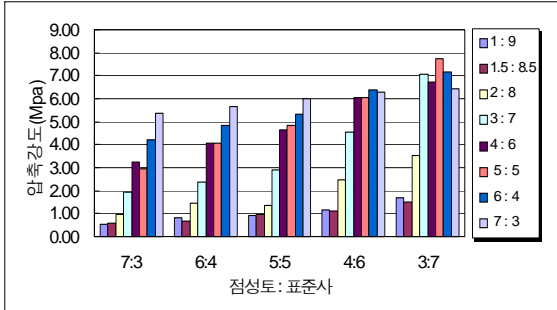


그림 6. 흙 - 인산염모늄 시멘트 압축강도

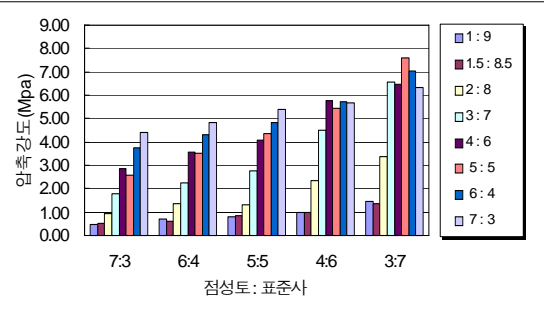


그림 7. 흙-인산염모늄 동결융해 압축강도

3.4 흙 - 인산염 마그네시아 시멘트의 수화열

수화열과 강도의 상관관계를 검토한 결과 그림6에서 보는 바와 같이 인산염 마그네시아 시멘트 (MAP : MgO = 4 : 6)에서 최고 온도를 보였으며 또한 가장 높은 강도를 나타내었다.

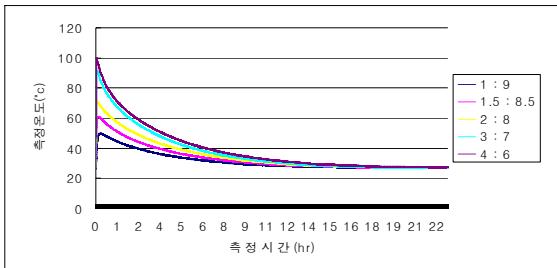


그림 8. 흙-인산염마그네시아 시멘트 수화열

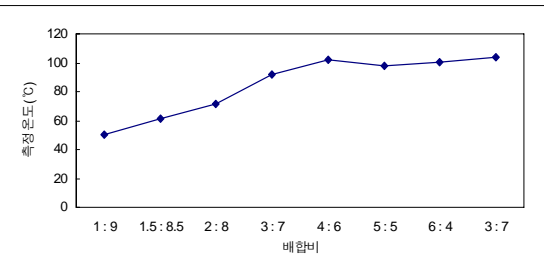


그림 9. 수화열 최고온도

4. 결 론

- 1) 인산염 마그네시아 시멘트의 가사시간 확보 및 압축강도 특성은 인산염 마그네시아(MAP:MgO)의 배합이 4 : 6일 때, W/B = 50%일 때 14MPa로 가장 큰 강도를 나타냈다.
- 2) 대상토-고화재 동결융해 저항성 실험 결과, 인산염 마그네시아 시멘트(MAP:MgO=4:6), W/B=50wt%를 기준으로 치환시료(점성토:표준사=4:6, 3:7) 배합이 가장 우수하였으며, 인산염 마그네시아 시멘트(MAP:MgO=4:6):대상토의 비율이 4:6과 5:5 배합이 동결융해 후의 압축강도 값이 7.0 MPa 이상으로써 가장 우수한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 농업기반공사, 2002, The Study of Pavement method for farm roads and practical use p.36-60
2. 강병주, 부산대학교, 2002, 시멘트 및 광물재료를 이용한 연약지반 점토의 고화반응에 의한 강도발현 및 반응생성물에 대한 연구. p.3-17