

# 천연유기석회 및 고토석회를 조합한 흙 포장 콘크리트용 경화재의 최적배합안 도출

## Suggesting Optimum Mix Proportion of Hardener for Soil-pavement Concrete Incorporating Natural Organic Lime and Magnesia-lime

한 민 철<sup>1</sup>

한 준 희<sup>2\*</sup>

Han, Min-Cheol<sup>1</sup>

Han, Jun-Hui<sup>2\*</sup>

Professor, Department of Architectural Engineering, Cheong ju University, Naduk-Dong, Cheongju-City, 28503, Korea <sup>1</sup>  
Master's Course, Department of Architectural Engineering, Cheong ju University, Naduk-Dong, Cheongju-City, 28503, Korea <sup>2</sup>

### Abstract

Lots of soil-pavement concrete placed showed a number of problems such as decreasing strength, and durability. In this research, to provide a solution of the problem reported the wasting materials of natural organic lime and magnesia lime were used as a hardener to achieve sufficient performance of soil-pavement concrete. Namely, as a stimulus of blast furnace slag, the natural organic lime and magnesia lime were tested within the mix proportion of 0 to 10 % for each lime to make a new hardener. As a result, in the case of mortar with 1 to 3 % of cement to fine aggregate, 30 % replaced blast furnace slag showed the more favorable results with 5 to 5 % of mix proportion for natural organic lime and magnesia lime.

Keywords : natural organic lime, dolomite lime, soil concrete, hardener, fine particle cement

### 1. 서 론

흙 포장 콘크리트란 원료의 일부에 황토를 사용하여 제조하는 시멘트 모르타르를 말한다. 따라서 흙 포장 콘크리트는 황토색을 띠는 것으로 일반 포장도로와 달리 보행감이 부드럽고, 표면 온도의 상승이 적어 쾌적한 도시환경을 조성하며, 유독성 물질 및 냄새를 제거하는 등 친환경적인 포장 콘크리트로 소개되고 있다[1,2].

하지만, 현재 국내에서 시공되고 있는 흙 포장 콘크리트의 경우는 과잉경쟁에 따른 덤핑 및 기술 수준 저하로 강도 불량, 균열 및 동결융해에 따른 내구성 저하로 유지보수에 비용이

증대되고, 또한 강알칼리성을 띠는 다량의 시멘트 및 각종 화학 약품을 기반으로 경화재를 제조하므로, 토양을 포함한 주변 환경에 악영향을 미치는 문제점도 있다[3,4].

다른 한편으로, 우리나라 남해안 지역에서는 굴 양식을 통해 다량의 굴폐각이 발생되고 있다. 일례로 2015년 한 해만 약 15만 톤의 굴 폐각이 발생된 것으로 조사되고 있다. 그러나 이러한 굴 폐각은 산업폐기물로 분류되어 처리비용이 고가이고, 정부의 처리지원에도 불구하고, 여전히 많은 양이 방치되고 있는 실정이다.

또한, 시멘트 클링커를 제조하는 과정 중에서 석회석 원료에 백운석이 포함된 경우는 고열처리에 의한 탈탄산 반응으로 인하여 MgO가 생성되는데, MgO의 함유량이 높은 시멘트의 경우는 물과 반응하여 Mg(OH)<sub>2</sub> (brucite)를 생성하여 팽창을 일으키므로 함유량을 초과하지 않도록 관리하고 있는 실정이다[5].

그러므로, 본 연구에서는 굴 폐각을 특수선별 가공하여 제조한 고반응성 천연유기석회(Natural organic lime 이하: H)

Received : September 26, 2019

Revision received : February 4, 2020

Accepted : February 15, 2020

\* Corresponding author : Han, Jun-Hui

[Tel: 82-43-229-8484, E-mail: gksehxhf@naver.com

©2020 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

와 돌로마이트 광물을 가열 분쇄하여 얻어지는 고토석회(Dolomitic lime 이하: G)에 고로슬래그 미분말(Furnace slag powder 이하: BS), 및 강도발현성이 양호한 미립자시멘트(Fine particle cement 이하: FC)를 조합하여 기존 보통 포틀랜드 시멘트(OPC)와 다른 형태의 친환경적 흙 포장 콘크리트의 경화재를 개발하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 1, 배합사항은 Table 2와 같다. 즉, 모르타르 배합비는 한국경관포장 공업 협동조합 단계 표준의 품질기준인 18 MPa를 감안하여 1:3, 1:5(W/C는 70%, 100%)의 2수준에 대하여 목표 플로는 습식 흙 포장 공법의 유동성을 감안하여 150±25mm, 목표 공기량은 4.5±1.5%로 계획하였다.

Table 1. Experimental plan

Factors		Levels	
Mixture	C:S	2 : 1:3	1:5
	Flow (mm)	150 ± 25	
	Air content (%)	4.5 ± 1.5	
	Binder (%)	BSC50 <sup>1)</sup> 90% : H+G 10%	
	Hardener	BSC30 <sup>2)</sup> 90% : H+G 10%	
Experiment	Ratio of H and G mix	5 : 10:0, 7.5:2.5, 5:5, 2.5:7.5, 0:10	
	Fresh mortar	· Flow	
		· Air content	
	Hardened mortar	· Compressive strength (3, 7, 28day)	
· Flexural strength (3, 28day)			
· SEM (7day, 28day) <sup>3)</sup> · Porosimeter(7day, 28day) <sup>3)</sup>			

1) BS : FC = 5 : 5  
2) BS : FC = 3 : 7  
3) BSC30

경화재 재료로는 BS, FC, H, G를 사용하였는데, 결합재 조성비는 고로슬래그 시멘트(BSC)로 BS 50%(BSC50) 및 BS30%(BSC30)의 2수준으로 계획하였고, 천연 유기석회(H)와 고토석회(G) 경화재의 재료조합비율은 기존 연구를 참조하여[6], BSC90%에 대한 10:0~0:10 까지 5수준으로 변화시켜 실험계획 하였다. 실험사항으로 굳지 않은 모르타르에서는 플로, 공

기량, 경화 모르타르에서는 압축강도, 휨강도 및 재령 7, 28일 SEM 사진 촬영 및 미세공극을 측정하도록 계획하였다.

Table 2. Mixture proportions of mortar

C : S (W/C)	H : G	Binder	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )					AE (C/%)
			W	FC	BS	H	G	
1:3 (70)	10 : 0	BSC30	314	282	121	44.9	0	0.001
	7.5 : 2.5		314	282	121	33.7	11.2	
	5 : 5		314	282	121	22.4	22.4	
	2.5 : 7.5		314	282	121	11.2	33.7	
	0 : 10		314	282	121	0	44.9	
1:3 (70)	10 : 0	BSC50	313	201	201	44.9	0	
	7.5 : 2.5		313	201	201	33.7	11.2	
	5 : 5		313	201	201	22.4	22.4	
	2.5 : 7.5		313	201	201	11.2	33.7	
	0 : 10		313	201	201	0	44.9	
1:5 (100)	10 : 0	BSC30	301	189	81.4	30.2	0	
	7.5 : 2.5		301	189	81.4	22.6	7.5	
	5 : 5		301	189	81.4	15.0	15.0	
	2.5 : 7.5		301	189	81.4	7.5	22.6	
	0 : 10		301	189	81.4	0	30.2	
1:5 (100)	10 : 0	BSC50	300	135	135	30.1	0	
	7.5 : 2.5		300	135	135	22.6	7.5	
	5 : 5		300	135	135	15.0	15.0	
	2.5 : 7.5		300	135	135	7.5	22.6	
	0 : 10		300	135	135	0	30.1	

Table 3. Chemical and physical properties of hardener type

Type	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Chemical composition (%)				
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
BS	2.87	4 520	33.80	15.20	3.65	43.3	3.90
FC	3.18	5 400	21.24	5.01	3.68	62.91	2.00
H	2.7	600	0.179	0.39	0.022	56.2	0.16
G	2.9	2950	8.62	0.86	0.45	1.85	68.4

### 2.2 사용재료

본 실험에 사용한 재료로써, 고로슬래그 미분말(BS)은 국내 M사의 3종을 사용하였고, 미립자 시멘트(FC)[7]는 국내 A사의 제품을 사용하였으며, 천연 유기석회(H) 및 고토석회(G)는 국내 D사의 제품을 사용하였는데, 각 재료의 물리·화학적 성질은 Table 3과 같다. 참고적으로 Figure 1과 Figure 2는 천연 유기석회(H) 및 고토석회(G)의 XRD 분석을 실시한 결과이다. 천연 유기석회의 경우 2-Theta 29.40° 47.49°에서 CaO의 피크가 가장 높게 나타나고 있음을 알 수 있고[8], 고토석회의 경우 2-Theta 32.63°에서 MgO의 피크가 가장 높게 나타났으며, SiO<sub>2</sub> 및 CaO도 확인할 수 있다.

사용한 잔골재는 마사토를 사용하였는데, 잔골재의 물리·화학적 성질은 Table 4와 같고, 골재의 입도곡선으로 Figure 3과 같다.

### 2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 먼저 모르타르의 혼합은 KS L 5109에 의거하여 진행하였다. 굳지 않은 모르타르의 특성 실험으로 플로치는 KS L 5111(시험용 플로 테이블)의 시험기를 이용하여 측정하였고, 공기량은 KS F 2421의 공기실 압력법에 의거하여 측정하였다.

모르타르의 압축강도 및 휨강도 시험용 공시체 제작은 40×40×160mm의 공시체를 제작하였다.

경화 모르타르의 실험으로 압축강도는 소정기간 양생이 끝난 후 KS L 5105의 규정에 의거하여 3 GN U.T.M을 사용하여 측정하였고, 휨강도는 ASTM C 348의 규정에 의거 단순보 중앙점 하중법에 의거 측정하였다. 경화 모르타르의 미세구조 분석으로는 주사형 전자현미경(Scanning electron microscope: SEM), 비표면적 및 기공분석은 전문시험기관에 의뢰하여 측정하였다.

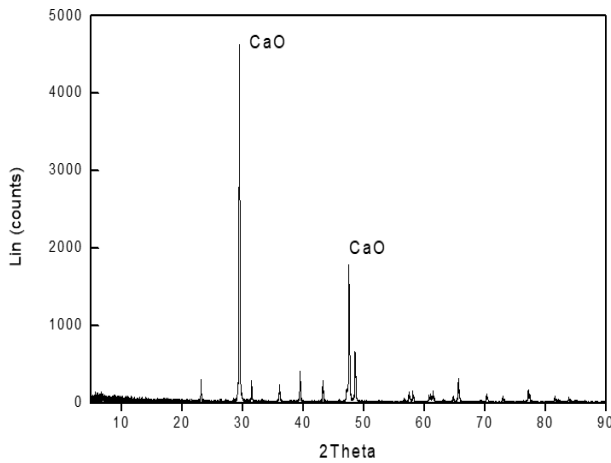


Figure 1. Natural organic lime XRD

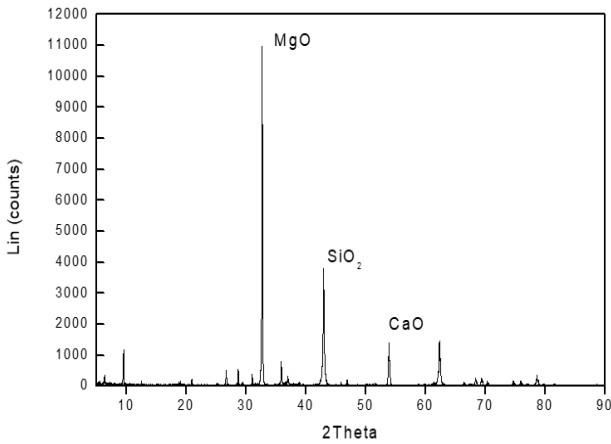


Figure 2. Dolomitic lime XRD

Table 4. Chemical · physical properties of fine aggregate

Density (g/cm <sup>3</sup> )	Fineness modulus	Water absorption ratio (%)	Passing ratio of 0.08mm sieve (%)	Chemical composition (%)				
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
2.67	2.96	3.31	7.10	68.3	16.1	3.92	0.44	0.99

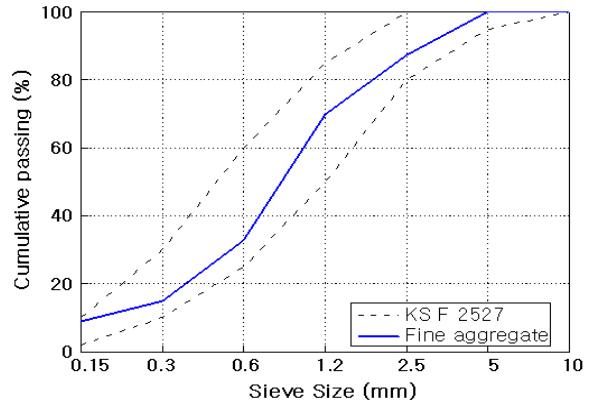


Figure 3. Particle size curve of fine aggregate

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 굳지 않은 모르타르의 특성

#### 3.1.1 유동성

흙 콘크리트의 유동성 분석으로 Figure 4는 모르타르 배합비 및 고르슬래그 치환율 별 천연 유기석회와 고토석회의 조합비율 변화에 따른 플로치를 나타낸 것이다.

먼저, 모르타르 배합비 1:3의 경우 일반적인 시멘트 모르타르인 경우는 W/C 50% 전후에서 목표 플로 150mm범위를 만족하지만, 본 연구에서는 Table 4 및 Figure 3과 같이 잔골재에 다량함유된 미립분의 영향으로 W/C 70%에서 플로의 목표범위를 만족하였다.

또한, 모르타르 배합비 1:5의 경우는 100%에서 결정되어 이는 흙 콘크리트의 경우 유동성이 매우 저하함을 알 수 있었다. 유동성의 경향은 모르타르 배합비 1:3에서, 경화재 조성비는 BSC50에서 석회류 조합비에서는 천연 유기석회(H)의 조합비율이 증가할수록 유동성이 증가하는 것으로 나타났다.

이는 먼저, 모르타르 배합비는 W/C 차이에 기인하고 경화재 조성재료 중에는 BS의 치환율이 증가할수록 유동성이 양호한 BS의 증가요인 및 석회류로는 고분말도의 미립자 시멘트에 저분말도 유기석회의 혼합비율이 증가함에 따른 모르타르 내의 점성 저하로 인한 유동성 증가로 분석된다.

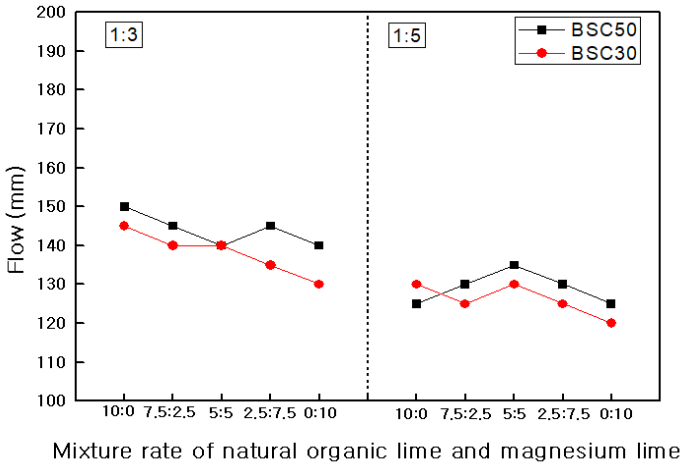


Figure 4. Flow with mixture rate of natural organic lime and magnesia-lime

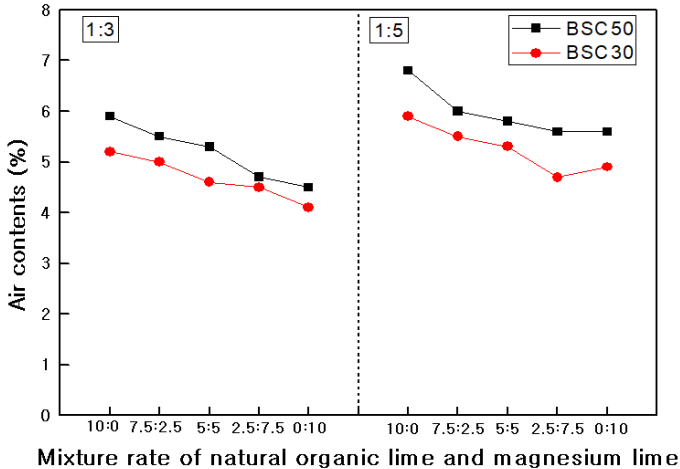


Figure 5. Air contents with mixture rate of natural organic lime and magnesia-lime

### 3.1.2 공기량

흙 콘크리트의 공기량 분석으로 Figure 5는 플로치와 동일 요령으로 천연 유기석회와 고토석회의 조합비율에 따른 공기량을 나타낸 것이다.

모르타르 배합비는 1:3 보다 1:5에서, 바인더 조성비에서는 BSC30 보다 BSC50에서 석회류의 조합비율에서는 고토석회보다 천연 유기석회의 조합비율이 증가할수록 공기량은 증가하였다. 이는 모르타르 배합비의 경우는 반배합일수록 공극이 증가됨에 기인한 것이고, 결합재는 미분시멘트 보다 굵은 BS의 입자영향 및 고토석회의 고온입자에 의한 조직 치밀화와 달리 천연 유기석회의 육각형의 입자형태로 인하여 모르타르 내의 조직을 밀실하게 채우지 못하므로 간헐 공기가 형성되어,

그로 인한 공기량의 증가로 판단된다[10].

## 3.2 경화 모르타르의 특성

### 3.2.1 압축강도

흙 콘크리트의 강도특성 분석으로 Figure 6과 Figure 7은 모르타르 배합비 변화, 고토슬래그 치환율 및 재령별 석회류 조합비율변화에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 당연한 결과이겠지만, 전반적으로 모르타르 배합비 1:3이 1:5보다 크게 나타났고, 결합재 조성비는 BSC50 보다 BSC30에서 크게 나타났다. 석회류 조합비율은 H:G인 경우 5:5에서 비교적 우수한 강도 발현을 나타내었다.

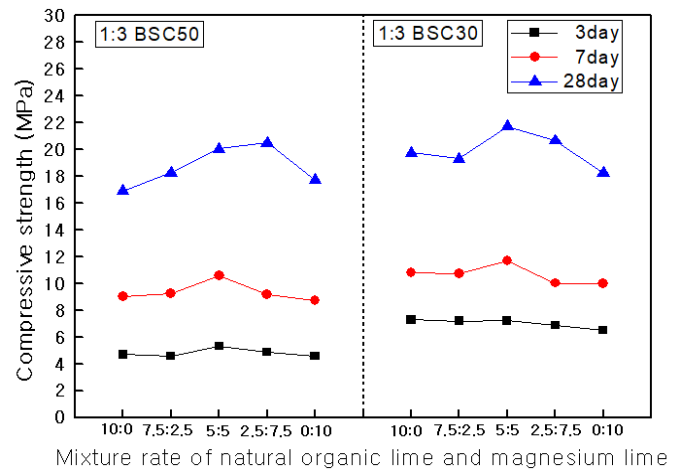


Figure 6. Compressive strength in mortar mixing ratio 1:3 with mixture rate of natural organic lime and magnesia-lime

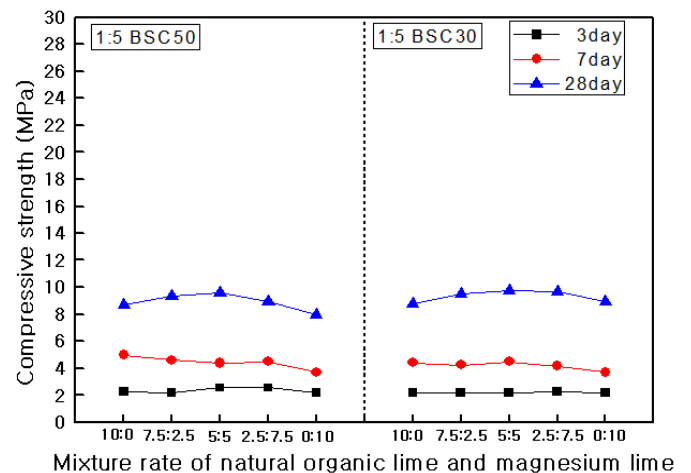


Figure 7. Compressive strength in mortar mixing ratio 1:5 with mixture rate of natural organic lime and magnesia-lime

이중 BSC30이 높은 강도를 발휘하는 것은 고분말도의 미립자 시멘트(FC)의 수화반응 촉진으로 수화생성물이 생성된 것에 기인한 것으로 분석되고, H:G가 5:5인 경우는 석회류의 재료가 고로슬래그 미분말의 잠재수경성 반응의 알칼리 자극제로 사용되어 칼슘실리케이트 수화물 (C-S-H)을 형성하여 경화함으로 강도가 증가한 것으로 판단되는데, 이는 석회류재료혼합비 5:5의 경우 석회류 재료 중 천연 유기석회 및 고토석회의 최적배합으로 모르타르 내의 최밀충전효과로 강도가 증진된 것으로 판단된다.

또한, 28일 재령 압축강도의 경우 1:5보다는 1:3일 때 한국경관포장공업협동조합 단체표준인 18 MPa를 만족하는 것을 알 수 있다. 이는 Table 3 및 Figure 3과 같이 마사토의 경우 0.08 mm 및 0.15 mm이하인 점토질 미립자를 다량 포함함에 기인한 것으로 분석된다.

### 3.2.2 휨강도

Figure 8과 Figure 9는 압축강도와 동일요령으로 3일과 28일의 휨강도를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 모르타르 배합비는 당연히 1:3에서 크지만, BSC50 및 BSC30의 경우는 유사하고 석회류 재료조합비율 변화에 따라서는 압축강도와 유사한 강도 발현이 나타났다.

하지만, 모르타르 배합비 1:5의 경우는 경화제 조성비 BSC50 및 BSC30에서 재령 3일 휨강도는 측정이 불가능 하였다.

이는 모르타르가 빈배합 조건으로 마사토 중 점토 영향 및 BS의 다량 치환의 복합영향에 따른 수화반응 지연으로 초기강도 발현이 미흡한 것으로 판단된다.

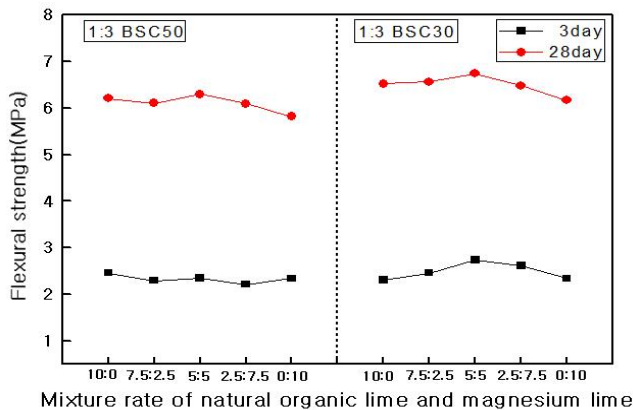


Figure 8. Flexural strength in mortar mixing ratio 1:3 with mixture rate of natural organic lime and magnesia-lime

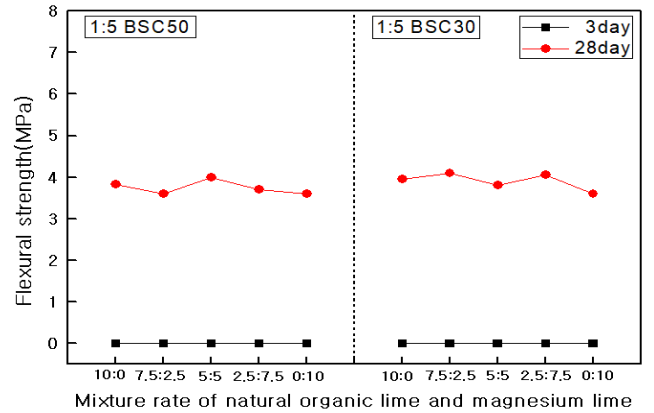
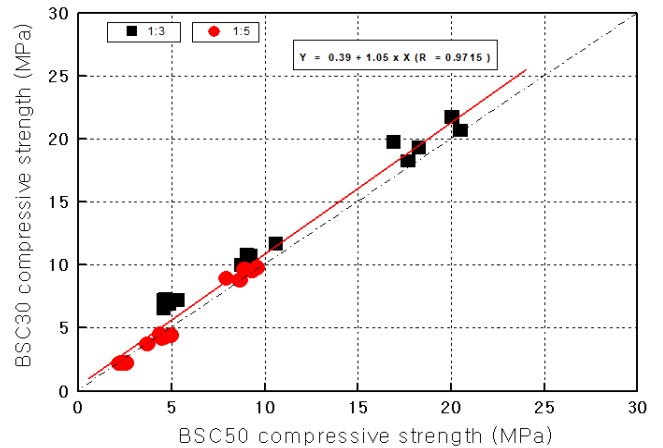


Figure 9. Flexural strength in mortar mixing ratio 1:5 with mixture rate of natural organic lime and magnesia-lime



### 3.2.3 결합재 조합비별 압축강도 및 휨강도 상관관계

Figure 10은 결합재 조성비 BSC50 및 BSC30의 압축강도를 배합비별로 구분하여 상호비교한 것이다. 먼저, 1:5의 배합비에서는 BSC50과 BSC30 간의 압축강도가 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, 1:3의 경우 BSC30의 경우가 BSC50보다 높은 압축강도를 갖고 있음을 확인할 수 있었다.

Figure 11은 압축강도 상관관계와 동일한 요령으로 결합재 조성비 및 배합비별로 구분하여 휨강도의 상호비교한 것이다. 휨강도 4 MPa를 기준으로 낮은 휨강도 영역에서는 BSC 치환에 따른 휨강도 차이가 크지 않으나, 휨강도 4 MPa 이상에서는 BSC50보다 BSC30의 휨강도가 더 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.

### 3.2.4 SEM 분석

흙 콘크리트에서 모르타르 배합비 BSC 30에 대하여만 실시한 미시적 분석으로 Figure 12의 a) - e)는 재령 7일, Figure 13의 a) - e)는 재령 28일의 석회류 재료조합변화에 따른 SEM 사진을 나타낸 것이다. 석회류 SEM 사진에서는 Ettringite,  $Ca(OH)_2$ ,  $Mg(OH)_2$  결정과 C-S-H 수화물이 생성되어 있음을 알 수 있다. 또한, 석회류 재료조합비율에서 SEM 사진 분석에 따라 시멘트 및 천연 유기석회의 수화생성물인  $Ca(OH)_2$ 와 고토석회의에 의한 수화생성물인  $Mg(OH)_2$ 가 생성되어 공존하고 있으며, 2차원 망상 또는 벌집 모양의 Type-II C-S-H와 Ettringite가 다수 생성되어 있음을 확인할 수 있었다[11,12]. 한편, 석회류 재료조합 H:G = 5:5 및 2.5:7.5인 경우에서 여타의 경우보다 높은 강도 나타냈는데, 이는 Figure 14와 같이 재령 28일의 공극량이 감소 Figure 13의 SEM에서 볼 수 있는 것과 같이 치밀한 수화물 조직이 형성되어 있음에 기인한 것으로 분석된다.

### 3.2.5 세공구조 분석

Figure 14 및 15는 석회류 재료조합비율에 따른 재령 별 공극량을 나타낸 그래프이다. 즉, 석회류 재료조합비 H:G = 10:0, H:G = 7.5:2.5 및 H:G = 0:10에 비해 H:G = 5:5, H:G = 2.5:7.5의 경우는 전반적으로 재령 7일의 경우 재료조합비율에 따른 공극량은 유사한 경향을 나타냈으나, 재령 28일의 경우는 석회류 재료조합비율 H:G = 5:5, H:G = 2.5:7.5에서 공극크기 0.1  $\mu m$ 의 공극량이 감소한 것으로 나타났다.

누적세공분포는 SEM 사진과 동일한 조건변화에서 측정하였다. 즉, Figure 16 및 17은 경화재 재료조합비별 재령 7과 28일에서 0.001 ~ 0.1  $\mu m$  크기까지의 세공의 분포를 나타낸 것이다. 전반적으로 재령이 증가함에 따라 누적 세공량은 감소하는 경향이고, 28일에서는 H:G = 5:5 및 2.5:7.5일 때 가장 적은 세공량을 나타냈다.

### 3.2.6 종합분석

Table 5는 모르타르 배합비 1:3에서 고로슬래그 치환을 변화 별 석회류 재료조합별 모르타르의 품질특성을 BSC50 및 H:G = 10:0인 Plain을 기준으로 백분율로 나타낸 것이다. 이때, 모르타르 배합비 1:5보다는 1:3일 때 「한국경관포장공업협동조합 단체표준」의 품질기준인 18 MPa를 만족하므로 1:3에 대하여만 분석하였다. 경화재는 BSC50 보다 BSC30이 양호하고 H:G의 비율은 5:5일 때 가장 우수한 것으로 밝혀졌다.

Table 5. Comprehensive analysis of quality rate

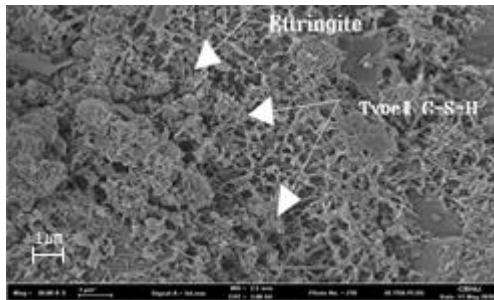
Series	Plain <sup>1)</sup> (%)	H:G						
		10:0	7.5:2.5	5:5	2.5:7.5	0:10		
BSC 50	Flow	10:0	97	93	90	87		
		7.5:2.5	97	93	90	87		
	Compressive strength	10:0	100	97	93	97	93	
		7.5:2.5	100	97	113	103	98	
		5:5	100	102	117	101	96	
		2.5:7.5	100	108	118	121	104	
	Flexural strength	10:0	100	93	95	90	95	
		7.5:2.5	100	98	101	98	93	
		5:5	100	93	95	90	95	
		2.5:7.5	100	98	101	98	93	
	BSC 30	Flow	10:0	155	153	154	146	139
			7.5:2.5	155	153	154	146	139
Compressive strength		10:0	119	118	129	110	110	
		7.5:2.5	119	118	129	110	110	
		5:5	116	114	128	122	107	
		2.5:7.5	116	114	128	122	107	
Flexural strength		10:0	93	100	111	106	95	
		7.5:2.5	93	100	111	106	95	
		5:5	105	105	108	104	99	
		2.5:7.5	105	105	108	104	99	

1)BSC50% H:G=10:0

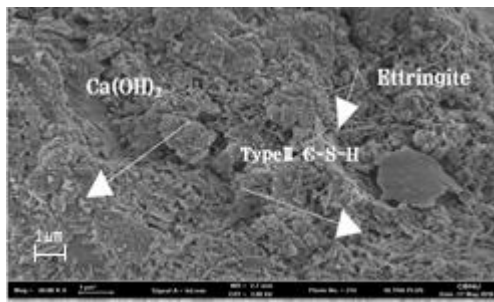
\* □ less than 100    ■ 100 ~ 120  
 ▨ 120 ~ 140    ▩ higher than 140



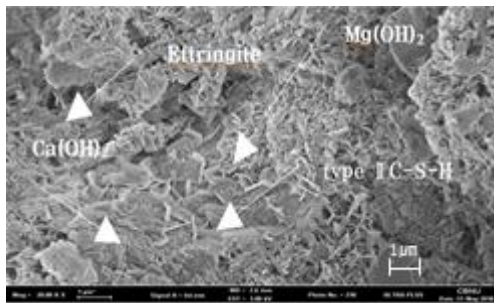
a) BSC30 H10:G0



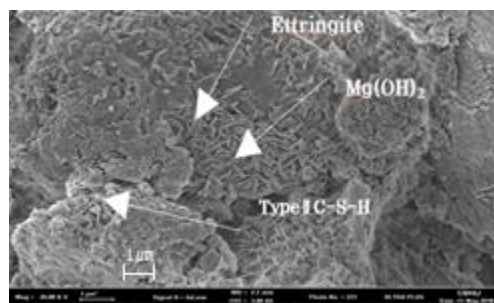
b) BSC30 H7.5:G2.5



c) BSC30 H5:G5

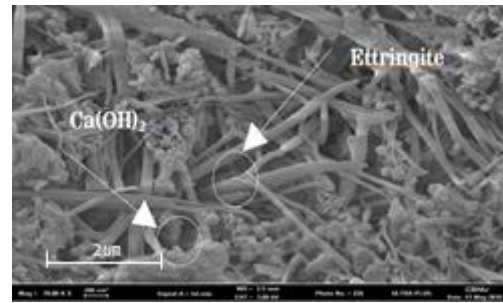


d) BSC30 H2.5:G7.5

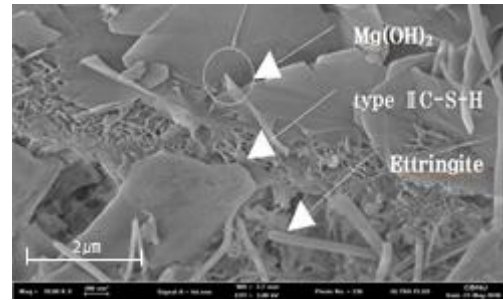


e) BSC30 H0:G10

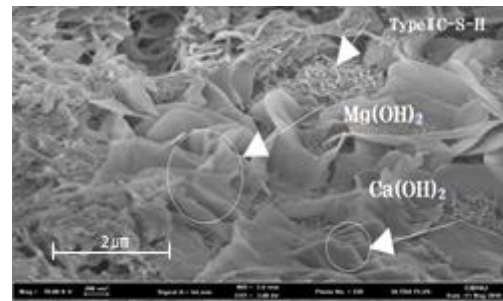
Figure 12. SEM observation at 7 days



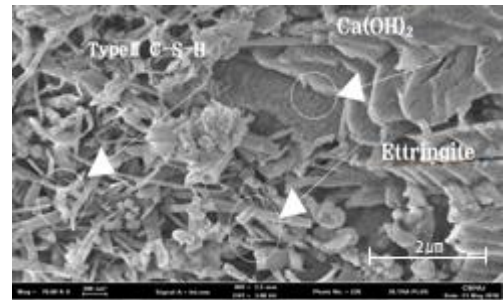
a) BSC30 H10:G0



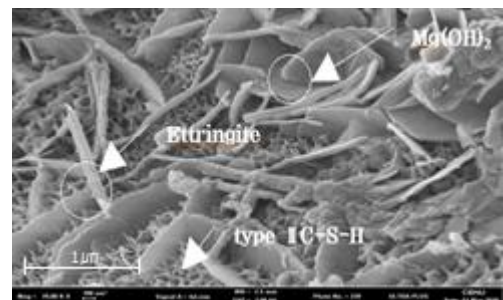
b) BSC30 H7.5:G2.5



c) BSC30 H5:G5



d) BSC30 H2.5:G7.5



e) BSC30 H0:G10

Figure 13. SEM observation at 28 days

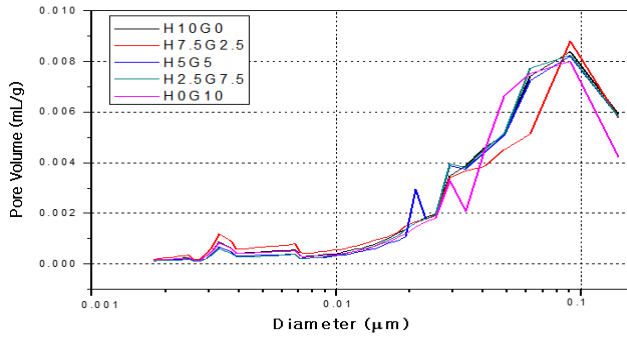


Figure 14. Pore size distribution with mixture rate 1:3 of natural organic lime and magnesia-lime (7 days)

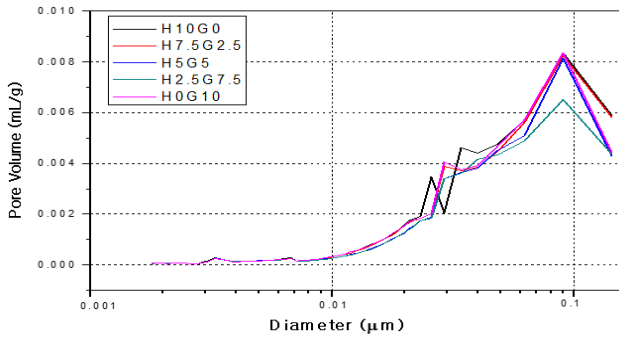


Figure 15. Pore size distribution with mixture rate 1:3 of natural organic lime and magnesia-lime (28 days)

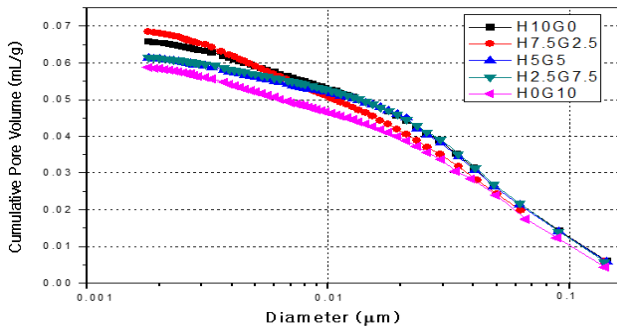


Figure 16. Cumulative pore volume with mixture rate 1:3 of natural organic lime and magnesia-lime (7 days)

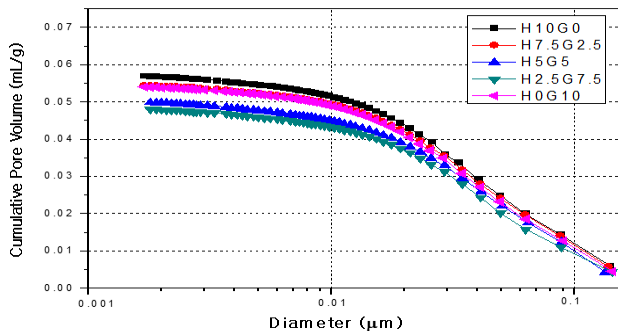


Figure 17. Cumulative pore volume with mixture rate 1:3 of natural organic lime and magnesia-lime (28 days)

#### 4. 결 론

본 연구는 친환경 흙 포장 콘크리트의 경화재를 개발하기 위한 목적으로 고로슬래그 미분말과 미립자시멘트를 조합한 결합재에 천연 유기석회와 고토석회의 재료조합비를 변화시켜 모르타르의 기초적 특성 및 미시적 구조를 분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 흙 콘크리트 유동성의 경우는 모르타르 배합비 1:3, 결합재 조성비 BSC50, 석회류 재료조합비는 천연 유기석회의 비율이 증가할수록 유동성이 증가하는 것으로 나타났다.
- 2) 공기량의 경우는 모르타르 배합비 1:5, 결합재 조성비 BSC50, 석회류 재료조합비는 천연 유기석회의 비율이 증가할수록 공기량이 증가하는 것으로 나타났다.
- 3) 압축강도의 경우는 모르타르 배합비 1:3 및 결합재 조성비 BSC30의 경우가 높은 강도 값을 나타내었다. 석회류 재료조합비는 천연 유기석회 및 고토석회를 단일로 사용한 경우 보다 석회류 재료조합비 H:G = 5:5 및 2.5:7.5인 경우에서 우수한 강도를 발현하였다.
- 4) 미시적 분석으로 모르타르 배합비 1:3, 결합재 조성비 BSC30, 석회류 재료조합비 H:G = 5:5 및 2.5:7.5인 경우에서 치밀한 수화물 조직이 형성되어 있음을 관찰할 수 있었다.

이상을 종합하면 모르타르 배합비 1:3, 결합재 BSC30과 석회류 재료조합비 천연 유기석회와 고토석회를 5:5로 조합하여 사용하면 유동성 확보 및 강도증진 측면에서 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다. 또한, 폐자원의 재활용 및 환경오염원의 제거를 위하여 연안에 대량 방치되어 있는 굴폐각을 분쇄·소성하여 흙 포장 콘크리트의 경화재 및 고로 슬래그 미분말을 활성화 시키는 자극재로 효과적으로 사용될 수 있어, 기존의 알칼리 활성화재 용도로 사용되는 화학약품을 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 요 약

본 연구는 국내에서 시공된 많은 수의 흙 포장 콘크리트의 경우는 강도저하, 내구성 저하 등이 문제점으로 제기된다. 따라서 본연구는 이를 해결하기 위하여 석회류 재료인 천연유기석회와 고토석회 등의 폐기물을 활용하여 흙 포장 콘크리트의



경제성, 품질향상을 목적으로 흙 콘크리트의 경화재를 개발하고자 하였다. 즉, 석회류 재료를 고로슬래그 미분말과 조합하여 자극재로 사용하여, 기존의 경화재의 재료를 대체하여 천연 유기석회(H), 고토석회(G)의 석회류 조합비를 0 : 10 ~ 10 : 0 범위에서 검토하였다. 연구결과, 모르타르 배합비 1 : 3, 결합재 조성비의 경우 BSC 30 석회류 재료조합비율은 천연유기석회와 고토석회를 5 : 5의 비율로 혼합할 경우 시멘트 모르타르의 품질 측면에서 양호한 개발품이 얻어짐을 확인할 수 있었다.

**키워드** : 천연유기석회, 고토석회, 흙 콘크리트, 경화제, 미립자 시멘트

## Funding

This research was supported by the Cheongju University Research Scholarship Grants in 2019.

## ORCID

Min-Cheol Han, <https://orcid.org/0000-0002-2555-673X>

Jun-Hiu Han, <https://orcid.org/0000-0002-4655-3001>

## References

1. Oh SW, Jo HD. Soil Pavement Method Using Special Soil Hardener. *Journal of the Korean Geo-Environmental Society*. 2016 Aug;17(3):18-25.
2. Lee GH. Engineering Properties and applicability of soil mixed pavement with natural soil stabilizer [Ph.D. Thesis]. [Incheon (Korea)]: University of Incheon; 2012. 116 p.
3. Kang SP, Kang HJ, Kim JH, Kim BK. Characteristics of soil pavement by red mud content and binder type. *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*. 2017 Mar;5(1):37-44. <https://doi.org/10.14190/JRCR.2017.5.1.037>
4. Kang SP, Kang HJ, Hwang BI. Strength and mechanical properties of soil concrete using liquefied red mud according to addition method. *Journal of the Korea Concrete Institute*. 2018 Aug;30(4):411-8. <https://doi.org/10.4334/JKCI.2018.30.4.411>
5. Jang BS, Kwon YG, Choi SW, Lee KM. Fundamental properties of cement composites containing lightly burnt MgO powders. *Journal of the Korea Concrete Institute*. 2011 Apr;23(2):225-33. <https://doi.org/10.4334/JKCI.2011.23.2.225>
6. Lee SJ, Yoon GL, Lee YG, Lee KD, Kang IG, Kim HT, Baek SC. Shear strength characteristics of dredged soil with oyster shell binder. *Journal of The Korean Geo-Environmental Society*. 2007 Feb;8(1):27-32.
7. Kim KM, Park SJ, Yoo JK, Lee EB. Investigation for utilization of separator bag filter cement. *Journal of The Korean Recycled Construction Resources Institute*. 2010 Sep;5(3):78-83.
8. Lee HS, Park DW, Woo DS. A study on physicochemical and calcination processed characteristic of oyster shell. *Journal of the Korea Academy Industrial Cooperation Society*. 2009 Dec;10(12):3971-6. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.12.3971>
9. Sin SJ, Kim MS, Park KT, Park MY, Han MC, Han CG. Effects of aggregate soil on the fundamental properties of the concrete. *Proceedings of Korea Concrete Institute*; 2019 Nov 7; Byeonsan, Korea. Seoul (Korea): Korea Concrete Institute; 2019. p. 305-6.
10. Eo SH, Hwang KH, Kim JG. Application of oyster shells as aggregates for concrete. *Journal of the Korea Concrete Institute*. 2002 Aug;14(4):540-8. <https://doi.org/10.4334/JKCI.2002.14.4.540>
11. Lee SH, Kim WK, Kang SH. Hydration mechanism of ground granulated blast furnace slag. *Magazine of the Korea Concrete Institute*. 2012 Dec;24(6):31-4. <https://doi.org/10.22636/MKCI.2012.24.6.31>
12. Han CG, Han MC, Choi SY. Effect of fine particle cement and recycled aggregates as alkali activator on the engineering properties and micro-structure of high volume blast furnace slag concrete. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2013 Dec;13(6):602-8. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2013.13.6.602>