

모래-벤토나이트-생석회 혼합물의 강도 및 투수특성

Strength and Permeability of Sand - Bentonite - Lime mixtures

구 정 민* · 권 무 남** · 김 현 기***
Goo, Jung Min · Kwon, Moo Nam · Kim, Hyun Ki

Abstract

When mixed with lime, sand-bentonite mixture is characterized by considerable hydraulic properties similar to natural pozzolans and may therefore be increased in the strength of sand-bentonite mixture. The present study reports that results obtained in a series of laboratory tests carried out using particular mixing ratio of lime-sand-bentonite with the aim of investigating physical characteristics, permeability and strength. The results were compared and analyzed according to hydration time and lime content. Test results showed that increasing of strength and decreasing of permeability by proper lime content. Curing for longer periods increased unconfined compressive strength of mixture. Based on results of the falling head permeability test, mixtures of lime content 3%, 6% and 9% were satisfied in using as liner after 8-day curing periods.

I. 서 론

생석회가 물을 흡수하면, 단기적으로는 1mole 당 15.6kcal의 열을 발생시키면서 흙 내부의 함수비를 감소시키고, 원체적의 1.9배 정도 팽창하여 지반의 물리/화학적 성질을 개량하는 것으로 알려져 있다. 또한 이온화 반응 및 모세관 응집효과가 이차적으로 발생된다.

장기적으로는 생석회가 물과 반응하여 생성된 소석회와 흙 내부의 실리카질이나 알루미늄산질이 반응하여 규산석회 수화물과 알루미늄산 석회수화물 등을 생성하여 장기적인 강도 및 내구성을 증가시

키는 포졸란 반응과 주로 점토질 토양 내에서 탄산가스와 탄산칼슘을 생성하여 토양을 고결시키는 탄산 반응 등이 일어난다.

최근 선진국에서는 이러한 생석회의 화학적 반응을 이용한 지반 개량효과에 대한 연구가 많이 수행되고 있다. 디젤유로 오염된 토양을 lime과 fly ash 혼합물로 처리한 오염토의 굴착 및 복토 재료 재사용시, 공학적 토성증가에 대한 연구보고에서 공시체 양생시 초기함수비 및 양생온도를 일정하게 유지하여 일축압축강도실험을 행한 결과 오염토의 강도에 비해 처리토의 강도가 85% 증가되었고, TPH-D 수치가 양생 7일에서 초기수치에

*경북대학교 농업토목공학과 대학원

**경북대학교 농과대학

***경북대학교 농과대학(박사수료)

키워드 : 생석회, 벤토나이트, 일축압축강도, 투수계수

비하여 81% 감소되었다¹¹⁾(Nicholson et al., 1995).

또한 fly ash와 같은 산업용소각물질과 생석회, 그리고 loam 토양의 혼합물에서 생석회가 일반 포틀랜드 시멘트와 같은 작용을 하여 토성의 물리적/화학적 특성치를 증가시킨다는 연구결과도 보고된 바 있다⁹⁾(Kamon et al., 1991).

점토의 경우, 점토의 건조중량의 9%에 해당하는 생석회를 혼입한 결과, 생석회가 고결제의 역할과 함께 생석회에 함유된 sodium silicate는 유기성 화학물질의 침투 억제와 강도증가에 효과적이라는 Davidson 등⁸⁾의 연구보고도 있었다.

모래-벤토나이트 혼합물이 차수재로 이용될 경우, 차수성 증가에 매우 효과적인 물질로 평가되고 있다. 하지만 이들 물질이 지반아래에 매립되었을 경우, 부등침하에 의한 균열 및 여러 화학성분의 오염물질들과의 장시간 반응을 통하여 차수재의 강도저하가 일어나 파괴 및 균열현상이 발생할 수 있는데, 수분과 반응하여 포졸란 반응 및 탄산 반응을 일으켜 강도증가 및 화학작용에 의한 토성변화를 발생시키는 생석회를 모래-벤토나이트와 혼합한다면 이 혼합물의 강도 및 투수성 등의 공학적 특성 변화가 예상된다. 여기에 대한 기초적인 실험으로써 본 실험을 수행하게 되었다.

II. 시험재료 및 방법

1. 시험재료

가. 모래

혼합재료로 이용된 모래는 경상북도 성주군 낙동강 중류 유역부근에서 채취한 것으로 투수성이 크고, 입도가 비교적 균등한 것이었으며, 그 물리적 성질은 다음 Table 1과 같으며, 입도분포곡선

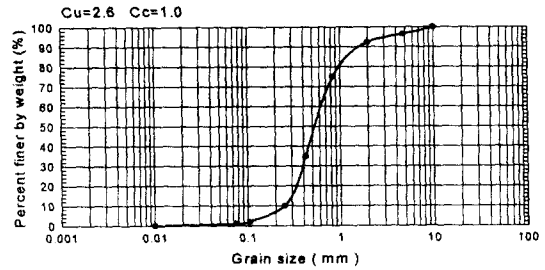
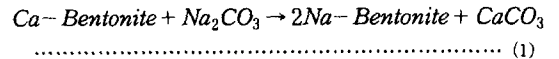


Fig. 1 Grain-size distribution curve of sand

은 Fig. 1과 같다.

나. 벤토나이트

벤토나이트는 3층 구조의 몬모릴로나이트계의 점토광물로 구성되어 있으며, 자연상태에서는 주로 칼슘계 벤토나이트로 생산되고 있으며, 본 실험에서 사용된 벤토나이트는 경주지방에서 생산되는 칼슘계 벤토나이트를 팽창성이 크고, 물에 대한 팽창성과 점착력을 증가시킨 나트륨계 벤토나이트로 이온치환한 것을 사용하였다. 그 치환과정은



와 같다. 실험에 사용한 벤토나이트의 물리적 성질과 화학적 성분분석은 Table 2와 같다.

Table 3은 토목공사에 사용하기 위한 벤토나이트의 시험 항목과 그 값의 기준을 나타내며 본 실험에 사용된 벤토나이트는 이 기준에 적합하였다.

다. 생석회

본 실험에 사용된 생석회는 충북 단양군 지역에서 생산되어 가공된 P사의 제품으로 산화칼슘이 83.5%로 대부분을 차지하고 있으며, 산화마그네슘 및 이산화규소가 나머지를 구성하고 있는 것으로

Table 1 Physical properties of sand

Properties	Specific gravity	Dry gensity (g/cm ³)	Coefficient of permeability (cm/s)	Coefficient of uniformity	Coefficient of curvature	Finer than #200 sieve (%)
Values	2.65	1.62	2.1×10^{-2}	2.6	1.0	1.0

Table 2 Physical properties and chemical components of Bentonite

Physical properties	Specific gravity			Swell index (ml/g)			Liquid limit (%)			
	2.60			14.5			400			
Chemical components (%)	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>K₂O</i>	<i>Na₂O</i>	The others	Total	pH
	59.80	16.70	5.22	2.55	2.45	0.87	3.85	8.56	100	10

Table 3 Testing items and values of bentonite for civil works

Testing Items	Values
Water content	8~12%
Loose bulk density	0.75~0.85 (gf/cm ³)
Residue on 0.074 mm	Min.75%
pH	8.5~10.5
Concentration	60 (kg/m)
Marsh-Viscosity (Swelling time 1 hr.)	Min. 35 s
Gel strength (Shearometer, Swelling time 1 hr.)	Min. 3.0 (N/cm ²)
Filter loss (30 min, 7bar)	Max. 15 (ml)

Table 4 Grain size and chemical components of Lime

Size	pH	Chemical composites (%)			
100 mesh passing (%)	12.6	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>SiO₂</i>	The others
94		83.51	1.42	4.21	10.86

나타났다. 생석회의 화학적 조성은 Table 4와 같고, *CaO*, *MgO* 및 *SiO₂* 함유량이 전체의 약 90%정도를 차지하고, 알칼리성을 보유하고 있다.

2. 시험 방법

가. 혼합물 제조방법

자연건조시킨 모래와 모래건조중량의 15%에 해당하는 벤토나이트를 첨가하여 충분히 혼합한 다음, 이 혼합물의 건조 중량에 3, 6, 9 및 12%에 해당하는 생석회를 첨가하였다. 벤토나이트 혼합비를 15%로 한 이유는 자연건조시킨 모래의 건조 중량 12% 정도에 해당되는 벤토나이트가 모래와 혼합될 경우, 폐기물 매립장 차수재로서의 투수계

수 기준인 10^{-7} cm/s을 만족시키지만, 차수재의 안정성을 고려하여 벤토나이트 함량을 15% 정도로 하는 것이 적합하다는 연구결과에 따른 것이다.^{1),4),5)} 따라서 Table 5에 나타나듯이 총 5종류의 배합비를 적용하여 각종 시험에 사용될 공시체를 제작하였고, 시료명을 간단화하기 위하여 Table 5와 같이 표기하도록 한다.

나. 다짐시험

혼합물의 최적함수비와 최대건조밀도를 구하기 위한 다짐시험은 KS F 2312-91 방법으로 5종류의 혼합물에 대하여 실시하였다. 이 다짐시험은 S.E.M 촬영과 일축압축강도시험 및 변수위투수시험에서 공시체 제작을 위한 기초시험으로 수행되었다.

Table 5 Mix characteristics

Material	Lime additive (%)	Symbol
sand + bentonite (15%)	0	SB00
sand + bentonite (15%)	3	SBL3
sand + bentonite (15%)	6	SBL6
sand + bentonite (15%)	9	SBL9
sand + bentonite (15%)	12	SBL12

다. S.E.M. 촬영

모래-벤토나이트 혼합물에 생석회를 첨가함에 따른 미세구조의 변화를 관찰하기 위하여 SEM (Scanning Electrony Micrography) 촬영을 SB00, SBL3, SBL9 및 SBL12에 대하여 실시하였다.

각 공시체는 다짐실험 결과에서 얻어진 최적함수비 상태로 제작하여 상온의 포화상태에서 5일 동안 양생을 하였다.

라. 일축압축강도시험

KS F 2321의 방법으로 최적함수비상태에서 직경 5cm, 높이는 10~12cm인 공시체를 성형하였고, 초기 함수비를 유지하기 위하여 패킹한 상태로 온도 22±3°C인 챔버 내에서 양생하였다. 양생기간은 1, 7, 14, 21, 28일로 하였으며, 시험과정에서 변형률은 0.5~2 mm/min을 유지하여 20초마다 하중량 및 변형량을 측정하였다. 실험의 정확한 결과치를 얻기 위하여 한 종류의 혼합비 당 4개의 공시체를 준비하였으며, 총 100개의 공시체를 준비하였다.

마. 변수위 투수시험

모래-벤토나이트 혼합물에 생석회를 첨가함에 따른 그 첨가량과 양생기간에 따른 투수계수값의 변화를 관찰하고자 KS F 2322방법에 따라 변수위 투수시험을 행하였다. 투수시험용 시료의 다짐도는 다짐시험에서 얻은 결과치로부터 최대건조밀도의 95%로 하였으며, 함수비는 최적함수비보다 2% 습윤측의 함수비로 하였다. 그 이유는 이론

적으로 투수계수는 최적함수비일 때 최소가 되지만, 실측에 의하면 최적함수비의 습윤측 2~4%인 상태에서 투수계수가 최소가 된다는 Lambe(1958)와 Olsen(1962)등의 연구결과에 따른 것이다. 공시체는 두께 5cm를 목표로 SB00, SBL3, SBL6, SBL9 및 SBL12의 혼합비로 제작하였다. 이때 생석회를 첨가함에 따라 물에 대한 생석회의 수화반응이 충분히 일어나도록 72시간 동안 몰드에 물을 채워둔 채로 두었다.

III. 결과 및 고찰

1. 다짐시험

각 혼합물에 대한 다짐시험 결과치는 Table 6과 Fig. 2 및 Fig. 3과 같이 나타났다. 생석회첨가량

Table 6 Compaction test results of each mixture

Items	Mixture				
	SB00	SBL3	SBL6	SBL9	SBL12
MDD ($\gamma_{d,max}$, gf/cm ³)	1.73	1.74	1.76	1.83	1.86
OMC (%)	17.8	17	16.4	13.8	12.9

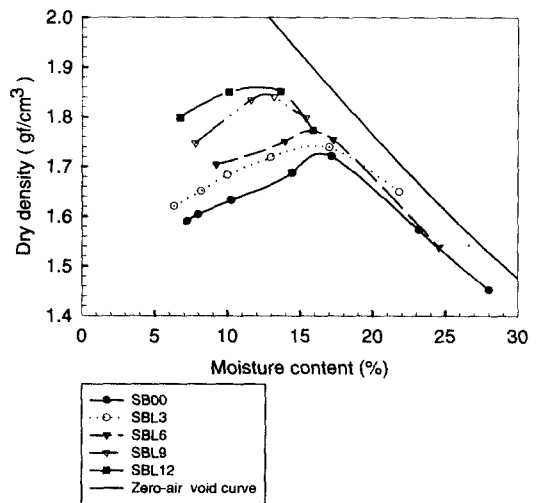


Fig. 2 Compaction curves of each mixture

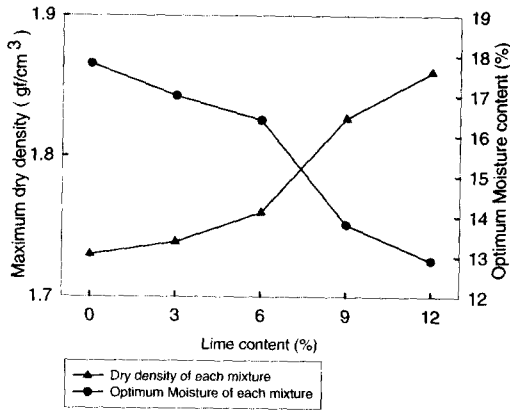


Fig. 3 Variations of maximum dry density and optimum moisture content of each mixture

이 증가할수록 최적함수비가 감소하는 반면, 최대 건조밀도는 증가하는 현상을 보이고 있는데, 이는 벤토나이트가 물과 반응하여 부피가 팽창함으로써 팽창한 공극을 미세한 석회입자가 채워 상대적으로 밀도의 증가현상이 일어난 것으로 풀이된다. 또한 Fig. 3에서는 생석회 혼입량이 6%를 초과할 경우, 최적함수비는 크게 감소하고 최대건조밀도는 크게 증가하는 상태를 보여주고 있다.

SB00와 SBL3의 혼합비일 경우, 통일분류법에서의 SM, SBL6의 혼합비는 SM-SC, 그리고 SBL9 및 SBL12의 혼합비에서는 SW에 해당하는 다짐 특성을 보이고 있다.

2. S.E.M. 촬영

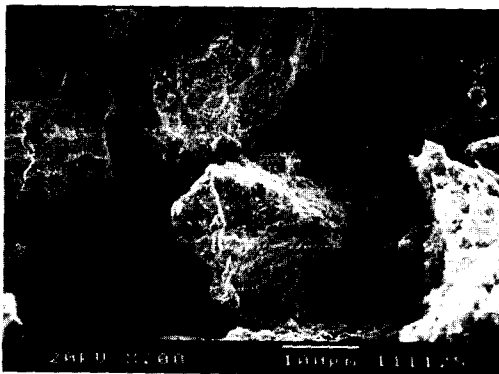


Fig. 4 SEM of SB00

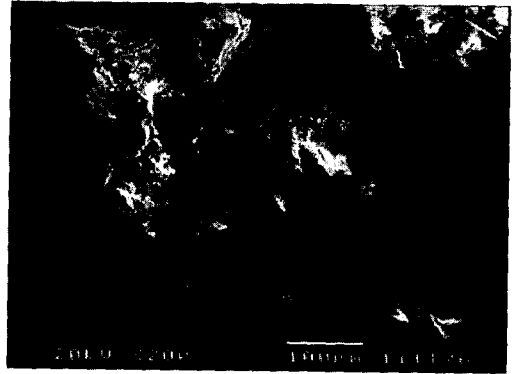


Fig. 5 SEM of SBL3



Fig. 6 SEM of SBL9

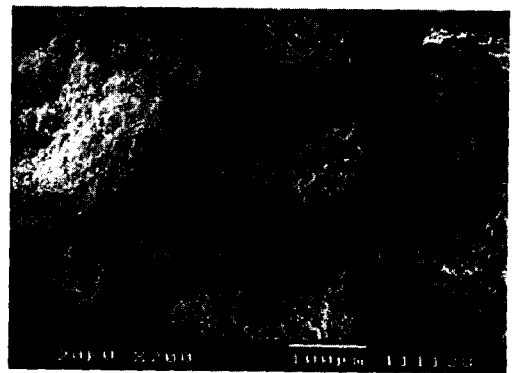


Fig. 7 SEM of SBL12

모래에 벤토나이트 및 생석회를 혼입함에 따른 흙 입자간의 미세구조의 변화를 관찰하기 위하여 SB00, SBL3, SBL9 및 SBL12의 혼합비로 다짐결과에 따라 공시체를 제작하였다. 제작된 공시체

는 상온에서 포화상태를 유지하면서 5일간 양생을 하였다.

양생을 한 공시체들에 대하여 300배의 배율로 입자간의 결합상태를 촬영하였고, 그 결과들은 Fig. 4, 5, 6 및 7로 나타났다. 그림에서 나타나듯이 모래에 벤토나이트를 첨가함에 따라 물과 반응한 벤토나이트가 모래 입자를 감싸고 있으며, 모래 입자간의 공극을 잘 메우고 있는데 이는 투수성 감소에 영향을 미치는 것으로 판단이 된다. Fig. 5, 6 및 7은 생석회를 첨가한 그림들이며, Fig. 5와 Fig. 6은 생석회를 각각 6% 및 9% 혼입한 것으로, 벤토나이트만을 첨가한 Fig. 4와 비교해 볼 때 물과 반응한 생석회의 화학적 반응 즉, 발열 반응으로 벤토나이트의 경화가 촉진된 것으로 여겨진다. 이로 인하여 결합상태가 매우 견고한 상태로 나타났으며 이러한 현상은 강도 및 투수성에 영향을 미치는 것으로 여겨진다. 생석회를 12% 첨가한 Fig. 7의 경우, 모래입자를 생석회 및 벤토나이트가 완전히 감싸고 있으나, 그 표면에는 많은 수의 미세한 공극들이 형성되어 있다. 이는 모래-벤토나이트 혼합물에 적정량 이상의 생석회를 투입할 경우, 입자간의 결합상태가 변화되어 강도의 감소 및 투수성 증가 현상이 발생됨을 알 수 있다.

3. 일축압축강도시험

가. 양생기간에 따른 최대강도와 축변형률과의 관계
 각 공시체를 1, 7, 14, 21일 및 28일 동안 양생시킨 후, 일축압축시험을 실시하였다. SB00, SBL2, SBL6, SBL9 및 SBL12 혼합비로 제작한 공시체에 대한 실험결과치들은 각각 Fig. 9, 10, 11, 12 및 13과 같이 나타났다.

SB00 혼합비의 공시체들은 축변형률이 2~3% 부근에서 최대강도를 나타내다가 대부분 파괴되는 형태를 보이고 있으며, 양생기간이 늘어남에 따라 최대강도는 크게 변화되지 않고 2 kgf/cm² 정도를 나타내고 축변형률은 양생기간에 따라 점차 감소하고 있다.

SBL3 혼합비의 공시체들은 축변형률이 2%내외에서 파괴되고 있으며 7일까지는 증가하다가 이후 감소하는 형태를 보이고 있고, 그 강도는 양생 7일에서 크게 증가하였고 이후 강도의 증가는 일어나나 그 증가폭은 비교적 작은 것으로 나타났다.

SBL6 혼합비의 공시체들은 1일과 7일사이에서 축변형률이 1.6%에서 5%로 증가하다가, 다시 14일째에서는 3%로 감소하였으며, 21일 및 28일은 이 값들 부근에서 항복하는 현상을 보이고 있다.

1일과 7일 사이에서 축변형률이 감소하는 이유는 공시체 내에 존재하는 수분이 생석회의 수화반응에 많이 소비되어 공시체가 탄성적 성질을 가짐으로써 발생하는 것으로 여겨진다. 이후에는 수분과 생석회 간의 충분한 수화작용이 끝난 것으로 보여지고, 이 과정에서 생석회의 포졸란 반응에 의해 급격한 강도의 증가가 일어난 것으로 판단된다.

SBL9 혼합비의 공시체들은 SBL6 혼합비와 유사한 축변형을 보이면서 파괴되고 있다.

SBL12 혼합비의 공시체들은 다른 공시체에 비교해 볼 때, 축변형률은 비슷하거나 조금 증가된 형태를 보이며, 강도증가는 크게 일어나지 않았다. 이는 적정량을 넘어선 생석회의 혼입으로 수화반응에 너무 과다한 수분이 소비되었으며, 이에 벤토나이트의 충분한 침착력을 가지기 위한 반응이 일어나지 못하였으며, 또한 이 과정에서 발생된 소석회가 공시체의 미세 입자간의 결합을 떨어뜨린 것으로 여겨진다.

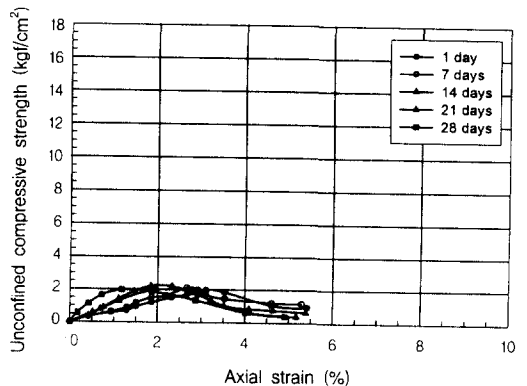


Fig. 8 UCS of SB00 according to curing days

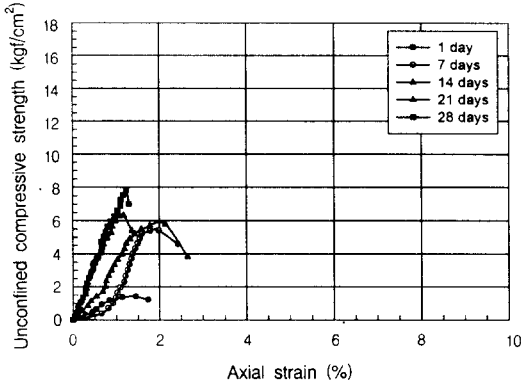


Fig. 9 UCS of SBL3 according to curing days

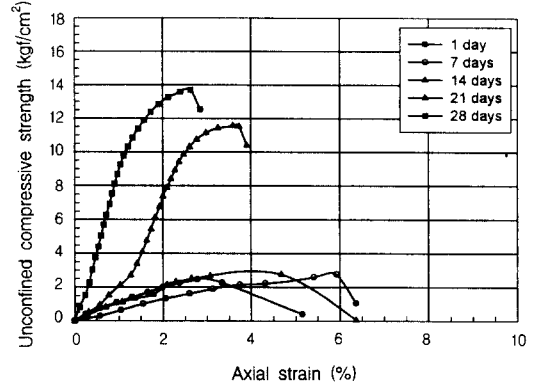


Fig. 11 UCS of SBL9 according to curing days

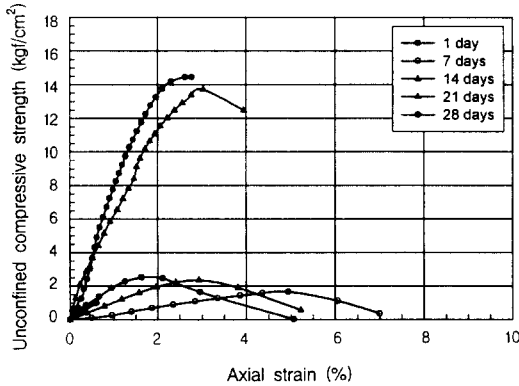


Fig. 10 UCS of SBL6 according to curing days

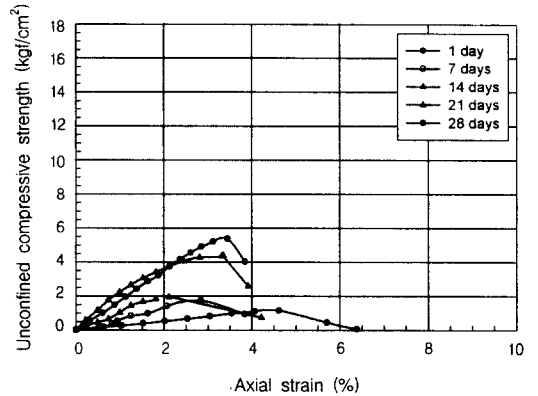


Fig. 12 UCS of SBL12 according to curing days

나. 양생기간에 따른 각 혼합물의 최대강도 비교
 생석회는 물과 반응하여 수화 반응, 이온교환 반응, 포졸란 반응 및 탄산화 반응 등의 화학작용을 발생시켜 흙 입자간의 결합구조를 변화시킨다. 생석회가 수분을 흡수하는 과정에서 열을 발생시키며 이 과정에서 체적이 1.9배 정도 증가하는 수화반응으로 인해 공시체 내부의 조밀화 현상과 포졸란 반응에 의한 점진적인 강도 증가 및 흙 입자간의 탄산과 반응하여 탄산칼슘을 생성하여 입자의 치밀함과 강도를 증가시키는 탄산작용을 일으킨다. 이러한 생석회의 화학 반응은 모래-벤토나이트 혼합물의 강도적 특성을 개선시킨 것으로 보여진다.

Table 7은 각 혼합물의 양생기간에 따른 최대강도의 변화값을 나타내고, Fig. 14는 그 경향을 보여준다.

SB00 혼합비는 양생 기간에 따른 강도의 증가가 크게 일어나지 않고 있으며, 2 kgf/cm² 정도의 최대강도를 나타내었고 SBL3 혼합비는 7일째 강도의 증가가 비교적 크게 발생되었으며, 이후 점진적인 강도증가가 일어나고 있다.

SBL6 혼합비 및 SBL9 혼합비의 경우는 14일까지는 강도증가가 크게 변화되지 않았으나, 21일 및 28일에서는 1일 강도의 5배 이상 증가하는 현상을 나타내고 있다.

SBL12 혼합비의 1일강도는 SB00 혼합비와 비교해 볼 때 작게 나타났고, 수화시간에 따른 강도

의 증감은 28일강도가 1일 강도에 비해 4배 이상 증가하였다.

각 혼합비 별로 최대강도를 비교해 보면 SB00 혼합비는 양생기간 중 최대강도가 양생 21일째 나타났으며 그 강도는 2.20 kgf/cm²였다. 이 값을 기준으로 볼 때, SBL3은 양생 28일째 7.84 kgf/cm²였으며 SB00에 비하여 3.5배 정도 증가하였다.

SBL6 및 SBL9 혼합물은 강도가 계속적으로 증가하는 경향을 나타내었고, 그 증가량도 큰 폭으로 나타났는데 SB00와 비교해 볼 때, 각각 6.5배, 6.2배의 증가를 나타내었다. 비교적 강도발현이 불량한 SBL12의 경우, 양생 14일까지는 SB00와 비교해 볼 때 강도가 비슷한 수준으로 나타났고, 이후 강도증가도 크게 일어나지 않았지만 최대강도인 양생 28일 강도는 5.38 kgf/cm²로 SB00보다는 큰 강도를 보였다.

폐기물 매립장에 모래-벤토나이트 차수재를 설치할 경우, 세계 각국에서는 차수재의 두께와 투수성에 대한 기준은 선정하고 있지만, 강도에 대해서는 일정한 기준을 두지 않고 있다. 다만, 독일의 경우 I, II등급의 매립장에 한하여 강도기준을 모두 25 kN/m² (0.255 kgf/cm²) 이상으로 두고 있으며⁵⁾, 본 실험에서 생석회가 혼합된 SBL3, SBL6, SBL9 및 SBL12의 강도는 모두 이 기준을 만족시키고 있다. 또한 강도측면에서 가장 적절한 혼합비는 SBL6과 SBL9이다. 따라서, 모래-벤토나이트 차수재에 생석회를 혼합할 경우 강도증가

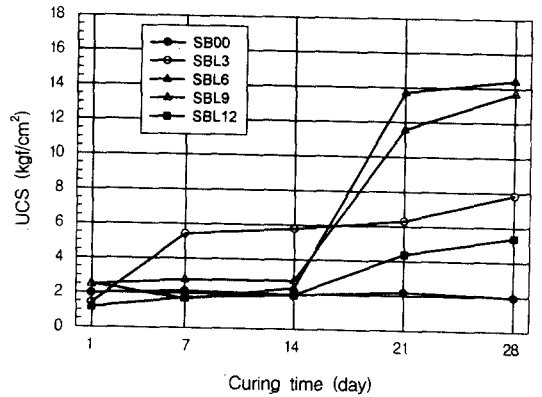


Fig. 13 The variation of UCS for curing days

측면에서는 효과가 있으며, 그 혼입량의 적정 범위는 [모래+벤토나이트 15%]의 건조중량에 6~9%인 것으로 나타났다.

4. 변수위 투수시험

모래와 벤토나이트 15% 정도가 혼합될 경우, 투수성은 미국 EPA에서 선정한 차수재 투수기준인 1×10^{-7} cm/s를 만족시킨다. 여기에 생석회를 혼입함에 따라 투수계수가 혼입량 및 양생기간에 따라 변화하는 것을 관찰하기 위하여 SB00, SBL3, SBL6, SBL9 및 SBL12의 배합비로 공시체를 제작하였다. 각 혼합비에 따른 1, 7, 14, 21일 및 28일의 투수계수는 Table 8로 나타내었고, 그 경향을 Fig. 15로 나타내었다.

모든 공시체들의 투수계수는 23일 이후 미국 EPA에서 설정한 폐기물 매립장의 차수재의 투수기준인 1×10^{-7} cm/s보다 작게 나타났으며, SBL12혼합비와 SBL6의 1일양생에서의 값을 제외하고는 모든 혼합비들의 투수계수값은 10^{-7} cm/s보다 작은 값을 보이고 있음을 알 수 있다.

SB00 혼합비의 투수특성은 $\alpha \times 10^{-8}$ cm/s의 값을 나타내며 일정하게 유지되고 있으며, SBL3, SBL6, SBL9 및 SBL12 혼합비는 양생 3일째를 전후로 10^{-7} cm/s보다 작은 값을 나타내며 크게 감소하였는데, 특히 SBL3과 SBL6의 혼합비의 경우

Table 7 Unconfined Compressive Strength of each mixture according to curing days

Curing Time (day)	Unconfined Compressive Strength (kgf/cm ²)					$\frac{q_u(28)}{q_u(1)}$
	1	7	14	21	28	
Mixture						
SB00	1.98	2.11	1.96	2.20	1.96	0.98
SBL3	1.40	5.42	5.77	6.31	7.84	5.60
SBL6	2.52	1.66	2.35	13.72	14.44	5.73
SBL9	2.46	2.77	2.77	11.57	13.71	5.57
SBL12	1.16	1.73	1.95	4.38	5.38	4.63

Table 10 Hydraulic conductivity of each mixtures according to curing time

Curing time (day)	Hydraulic conductivity (cm/s)				
	SB00	SBL3	SBL6	SBL9	SBL12
1	6.0×10^{-8}	6.9×10^{-8}	2.9×10^{-7}	5.5×10^{-8}	1.6×10^{-6}
7	5.5×10^{-8}	7.1×10^{-9}	4.5×10^{-8}	3.4×10^{-8}	5.6×10^{-7}
14	5.0×10^{-8}	7.1×10^{-9}	4.2×10^{-8}	1.7×10^{-8}	2.3×10^{-7}
21	4.4×10^{-8}	9.8×10^{-9}	2.2×10^{-8}	6.9×10^{-9}	1.8×10^{-7}
28	1.9×10^{-8}	4.6×10^{-9}	1.1×10^{-8}	6.6×10^{-9}	4.5×10^{-8}

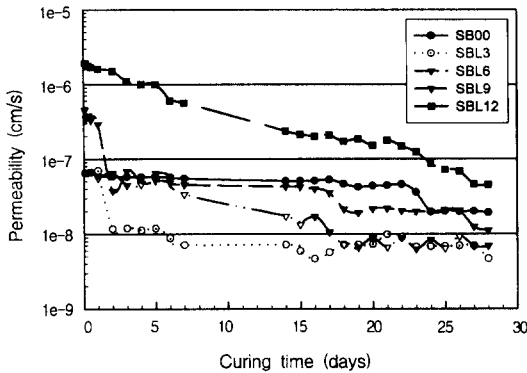


Fig. 14 Variations of hydraulic conductivity of each mixture by rigid wall permeability test according to elapsed time and Lime content

그 감소의 폭이 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

SBL12 혼합비는 투수계수의 값이 양생기간이 경과함에 따라 계속 감소하여 23일에 이르러서야 8.7×10^{-7} cm/s로 폐기물 매립장의 차수재로서 그 기준을 만족시키지만, 차수재로 이용하기에는 부적합한 것으로 판단된다.

생석회와 물과 반응 시, 생석회의 칼슘이온 (Ca^{++})이 벤토나이트의 나트륨이온 (Na^{+})과 교환되는 이온교환 현상을 일으키며 이로 인해 모래 입자간의 결합을 강화시킨다. 따라서 SBL3, SBL6 및 SBL9와 같이 적절한 양의 생석회가 모래-벤토나이트 혼합물과 혼합될 경우, 이러한 이온교환현상 등의 화학 반응에 의하여 그 투수성이 감소하는 것으로 판단되며, 투수특성에서 볼 때 그 적정 양은 [모래 + 벤토나이트 15%] 혼합물의 건조중량

의 3~9%로 여겨진다.

IV. 결 론

1. 각 혼합물에 대한 다짐시험 결과, 생석회 혼입량이 증가함에 따라 최적함수비는 감소하며, 최대 건조밀도는 증가하는 것으로 나타났다. 이는 생석회의 수화작용과 발열작용에 의해 그 함수비는 감소되며, 벤토나이트가 물과 반응하여 부피가 팽창함과 동시에 팽창한 공극을 미세한 석회입자가 채움으로써 상대적으로 밀도는 증가하는 것으로 풀이된다.

2. [모래 + 벤토나이트 15%] 혼합물의 일축압축 강도는 양생기간에 따라 크게 변화되지 않았으나, 여기에 생석회를 6%, 9%를 혼입한 공시체는 14일과 21일 사이에 큰 강도증가 현상이 나타났으며, 3% 및 12%를 혼입한 경우, 강도증가의 효과는 크게 나타나지 않았다.

3. [모래 + 벤토나이트 15%]와 여기에 생석회를 3%, 6% 및 9% 혼합한 경우, 안전율을 고려하여 양생기간 8일 이후 차수재로 사용하기에 안전한 투수성을 나타낼 것으로 판단된다. 생석회 혼입량 12%의 혼합물은 차수재로 사용하기에는 불안정한 것으로 나타났다.

4. 폐기물 매립장에 적합한 투수기준을 만족시키면서 양호한 강도를 나타내는 생석회의 함량은 [모래 + 벤토나이트 15%] 혼합물의 경우, 건조중량의 6~9%인 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 남효석, 권무남, 1995, 토목섬유로 보강한 모래-벤토나이트 차수재의 장기적 투수특성, 경북대학교, pp.30-31.
2. 도덕현, 윤춘경, 오창목, 1995, 폐기물 매립장 침출수 방지용 차수벽 설치공법, 한국농공학회 학술발표회 논문집, pp.308-315.
3. 손준익, 장하익, 장연수, 1992, 폐기물 매립장을 위한 혼합차수재의 물성에 관한 연구, 한국지반공학회지, 제8권, 제3호, pp.51-60.
4. 유택항, 권무남, 1995, 모래-벤토나이트 혼합물의 지반공학적특성, 경북대학교, pp.10-29
5. 한국건설기술연구원, 1995, 폐기물 매립지 차수재 개발, 건기연, 95-GE-1202, pp.137-171.
6. Aly Sabry M. M. & Parckher J. V. 1979, Engineering Properties of Soil-Lime Mixes, Transportation Eng. Journal, Vo. 105, No. 1, January/February, pp.59-70.
7. Broms, B.B. 1987, Stabilization of very soft clay using geofabric, Geotextiles and Geomembranes, 5(1), pp. 17-28.
8. Davidson D.T., Mateos M., & Barne H.F., 1969, Improvement of Lime stabilization of montmorillonitic clay soils with chemical additive, HRB, Bull262, pp.30-50.
9. Josh, R. C. and Natt, G. S., & Wright, P. J., 1981, Soil improvement by lime-Fly Ash slurry injection, Conference mechanical and Foundation Engineering, Proc. of the 10th., vol. 1.
10. Kamon, M. & Nontananadh. S., 1991, Combining Industrial Wastes with Lime For soil Stabilization, Journal of Geotechnical Eng., vol. 117, No. 1, January.
11. Nicholson, P.G. & Tsugawa, P.R., 1995, Stabilization of diesel contaminated soil with lime and flyahs damixtures, Geosynthetics and Grou t Improvement, pp.805-816.
12. Sibal P. & Hazen H., 1991, Improvement of Fuel oil Contaminated Soils by Additives, Geotechncal Special Publication., No. 30, pp.1285-1297.