

수침조건과 재령이 도로기층용 고화토 강도특성에 미치는 영향

유인균

한국건설기술연구원 도로교통연구본부

Effect of immersion conditions and age on the strength of solidified soil base

In-Kyoon Yoo

Department of Highway and Transportation Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약 도로를 건설할 때 토사를 이용하면 물에 취약하기 때문에 쇄석을 이용한다. 그러나 환경문제로 쇄석의 공급이 점점 어려워짐에 따라 현지의 토사를 이용하여 도로를 건설하고자 하는 수요가 증가하고 있다. 본 연구에서는 토사를 경화시킨 고화토를 도로기층에 적용하기 위한 연구로서 수침조건과 재령이 고화토의 일축압축강도에 미치는 영향을 평가하였다. 실험조건은 3가지 고화토에 대하여 7일 공기건조, 28일 공기건조 그리고 28일 수침양생 조건에서 각각 3개의 시료에 대해 수행하였다. 실험결과 시멘트와 규산염 첨가제가 상대적으로 많이 투입된 유형 A가 시멘트와 규산염 첨가제가 적게 투입된 유형 B와 적은 시멘트와 석회가 투입된 유형 C보다 초기 압축강도뿐만 아니라 주어진 조건에 따른 압축강도의 지속성에서도 우월한 특성을 보였다. 즉, 유형 A는 초기강도 10MPa의 강도를 발현하며 주어진 조건에 대해서 유의한 변화를 보이지 않고 강도를 유지하였다. 반면 유형 B와 C는 초기강도 7.0MPa 수준의 강도를 발현하며 주어진 조건에서 압축강도가 유의하게 저하하는 것으로 나타났다. 특히 첨가제로 규산염이 사용된 유형 B보다 석회가 투입된 유형 C가 재령과 수침조건에서 보다 큰 차이로 압축강도가 저하되는 현상을 보였다. 규산염을 첨가제로 사용한 유형 A의 고화토는 상대적으로 큰 분산을 제어할 수 있는 품질관리 시스템만 제공된다면 도로포장의 기층으로 활용되는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

Abstract While constructing roads, we use crushed stone as one of the construction materials as the soil is vulnerable to water. However, as the environmental issues related to crushed stone production make it impossible to use crushed stone in laying roads, the demand for the variants of local soil (such as the solidified soil) for road construction is increasing. This study evaluated the effect of water immersion conditions (WIC) and aging on the uniaxial compressive strength (CS) of solidified soil (SS). The experiment conditions for the present study were aging of 7 and 28 days and water immersion of 28 days in three different mixtures, namely Type A, B, and C. From the results, we observed that Type A, which used a relatively large amount of cement and silicate additives, was superior to Type B, which used a relatively less amount of cement and silicate additives. Furthermore, Type A was also superior to Type C, which used lesser cement and lime than Type A. These observations are true not only for the initial CS but also for a persistent CS under the given conditions. In particular, Type A exhibited an initial CS of 10 MPa and maintained it under the given conditions. But, Types B and C possessed an initial CS of 7.0 MPa, and the CS significantly decreased under the given conditions. In particular, Type C showed a more significant decrease than Type B for the CS. We, hence, conclude that with a high-quality control system, Type A can serve as a road base.

Keywords : Solidified Soil, Compressive Strength, Road Base, Silicate Additive, AVOVA

*Corresponding Author : In-Kyoon Yoo(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)
email: ikyoo@kict.re.kr

Received September 10, 2021

Revised October 14, 2021

Accepted November 5, 2021

Published November 30, 2021

1. 서론

튼튼한 도로건설의 시작은 로마시대부터 흙이 아닌 돌을 이용하여 시공되었다. 그 이후 쇄석과 아스팔트 그리고 시멘트를 이용한 도로건설이 지금까지 계속되고 있다.

도로건설에 자연석과 쇄석으로 이용한 이유는 지지력과 내구성 측면에서 현지 토사를 사용하는 것보다 유리했기 때문이다. 현지토사를 이용하면 물에 대한 저항성이 약해 내구성을 담보할 수 없으며 자동차 시대에는 표면의 마모로 인한 비산먼지도 문제가 될 수 있어 골재를 대체하기에는 여러 가지 어려운 점이 있다.

그러나 골재를 생산하기 위해서는 석산을 개발해야하는데, 석산을 개발한다는 것은 그 자체로 자연을 훼손하는 행위이고 골재를 생산하고 운반하는 과정에서 소음, 진동, 비산먼지로 인해 지역주민 뿐만 아니라 동식물에게 생활환경 뿐만 아니라 생리적인 변화까지 야기함에 따라 개발을 지속하기는 점점 어려워지고 있다.

또한 토목현장에서 현지 토사를 이용하여 지반을 강화하고자하는 노력도 오랫동안 계속되어 기술의 발전을 이루어 오고 있다. 주로 연약지반의 개량에 많이 사용되어 오던 고화토 공법을 도로포장에 적용하고자 하는 노력도 지속되고 있다.

그러나 지금과 같이 골재와 시멘트 또는 아스팔트를 플랜트에서 생산하여 현장으로 이동하여 시공하는 방법과는 달리 현지의 토사가 다양하여 품질관리에 어려운 점이 있고 고화토의 강도와 지속성 그리고 물에 대한 저항성 등이 먼저 검증될 필요가 있다.

지금까지 여러 가지 현지 토사를 개량하여 산책로를 흙으로 포장하는 방법은 많이 제안 되었지만 차도의 기층 또는 보조 기층으로 적용하기 위한 연구는 많지 않다. 따라서 고화토의 특성을 파악하여 차도의 도로포장에 적용하기 위한 노력이 필요하다.

현지 토사를 이용하여 차도의 포장을 건설한다면 석산 개발에서 야기되는 많은 문제가 해결되고 에너지 소비도 줄여 기후변화의 대응에도 큰 역할을 하리라 생각된다.

고화토를 차도 도로포장에 적용하기 위한 연구의 일환으로 도로포장용 고화토의 강도특성과 수침특성 평가를 통해 도로포장의 설계법에 도입될 수 있는 토대를 만들기 위한 연구가 필요하다.

2. 관련연구

일반 토사에 시멘트를 이용하여 지반을 강화하고자 하

는 노력은 1900년대 초에 시작되어 지금까지 이어져 오고 있다. 1930년대부터 도로에 소일시멘트를 이용하는 연구와 함께 시험도로가 South Carolina에 건설되었다. 이를 개선시키기 위한 많은 연구가 진행되었지만 아직 미국의 대표적인 포장 설계법인 AASHTO 도로포장 설계법에는 포함되어 있지 않다.

국내에서는 1970년대부터 국립건설연구소를 중심으로 소일 시멘트에 대한 연구와 시험포장이 주로 이루어졌다. 그 당시 도로건설에 대한 수요는 많고 예산이 적었던 관계로 염가포장에 대한 연구가 많이 진행되었으나 고화토 포장에 대한 품질관리의 어려움과 도로건설 수요의 폭증 그리고 적용하기 쉬운 AASHTO 도로포장설계법을 적용하면서 고화토의 도로적용에 대한 수요는 크게 줄어들었다.

그러나 최근 환경문제로 인한 골재수급이 어려워지고 친환경포장의 수요가 증가하면서 고화토를 도로포장에 적용하려는 노력이 많아지고 있다. 또한 동남아시아의 도로건설예산이 충분치 않은 나라의 도로포장에 적용하기 위한 고화토의 연구도 활발하다.

도로포장과 관련된 연구로는 Oh[1] 등에 의한 소일시멘트 도로포장 기층의 피로특성 연구가 있다. 이 연구는 소일시멘트가 도로포장에 적용될 때 문제를 일으키는 이유로 정확한 설계의 부족, 시공기술의 미숙, 시공 장비 미비로 보았다. 정확히 설계되고 시공된다면 소일시멘트에는 피로파괴에 대한 문제가 없다고 보고하였다.

소일시멘트에 대한 일축압축강도의 시간적 변화에 대한 연구를 통해 Kim[2] 등은 재령 14일까지 뚜렷한 증가추세를 보이다가 28일까지 완만한 증가추세를 보이는 것으로 발표하였다. 또한 시멘트의 함량이 증가할수록 강도가 증가하고 미세한 세립분이 많이 포함될수록 압축강도는 저하한다고 보고하였다.

시멘트로 안정처리한 노반은 경화시 수축으로 인해 균열이 발생하고 이로 인해 포장표층에 반사균열이 발생할 수 있으므로 시멘트 안정처리기층에서의 균열발생을 억제할 수 있는 재료의 개발에 대해서 Kang[3] 등이 연구하고 새로운 배합방법을 제시하였다.

Yoo[4] 등은 친환경포장의 하나로 경화토포장을 제안하면서 경화토포장이 여름철 도시지역에서 기존포장보다 온도를 낮추어 열섬현상의 저감에 기여할 수 있는 친환경포장이라는 것을 실험으로 증명하였다.

Yeo[5]는 학위논문으로 액상강화제에 대한 다양한 실험을 수행하였으며 강화제를 사용할 경우 사용하지 않았을 경우보다 2배 이상의 압축강도를 얻을 수 있었다고

발표하였다.

Hwang[6] 등은 3종류의 유기계폴리머 고화제를 사용하여 공기 양생과 건조로 양생을 적용하여 양생방법에 따른 강도의 차이에 대한 연구를 수행하여 고화제의 특성에 따라 강도발현의 시기가 달라질 수 있다고 보고하였다.

Kim[7]등은 페콘크리트의 미분말을 이용하여 지반개량을 하고 이를 도로의 포장에 응용하고자 하는 연구를 수행하였으며 새로 개발된 페콘크리트의 미분말을 이용하면 경교통 도로에까지 적용할 수 있는 강도를 발현한다고 보고하였다.

Kim[8]은 2020년에 친환경 시멘트계 혼합토의 도로기층 대체재 활용성 평가라는 학위논문에서 새로운 친환경 첨가제에 대한 실험을 수행하고 여러 가지 도로기층에 적용될 수 있는 CBR 등의 지지력을 통해 도로기층의 대체재로 활용될 수 있다고 주장하였다.

고화토에 대한 연구가 주로 지반공학에서 이루어 졌기 때문에 지반공학자들이 주로 도로포장에 적용하고자 하는 연구를 수행하였다. 그리고 국내에서 도로포장의 설계와 시공은 AASHTO 도로포장 설계법으로 이루어지고 있으며 AASHTO 도로포장 설계법에는 고화토에 대한 내용이 없다. 감사로 인해 시방규정의 적용에 엄격한 도로분야에서 이를 적용하기 위한 연구는 거의 없는 실정이다.

고화토를 도로의 기층이나 보조기층에 적용하기 위해서는 우선 고화토의 강도특성이 규명되어야 한다. 초기 강도는 어떠한가, 재령에 따른 강도의 변화는 어떠한가, 수침시 강도에 변화가 있는가 등에 대한 신뢰성 있는 연구가 축적되어야 도로에의 적용을 검토할 수 있다.

본 연구에서는 도로에 적용된 적이 있는 고화제를 선정하여 직접 현장토를 사용하여 배합한 시료에 대한 강도실험을 통해 재령과 수침조건에 따른 압축강도의 변화를 평가하고자 한다.

3. 재료의 선정과 실험계획

3.1 재료의 선정

고화제를 이용한 고화토의 압축강도특성을 파악하기 위하여 건설현장에서 쉽게 만나게 되는 사질토 계통의 실트질 토사를 선정하였다. 선정된 토사의 입도분포는 Fig. 1과 같다.

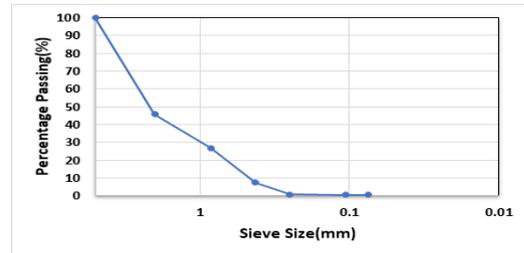


Fig. 1. Gradations for the in-Site Soil

지반의 강도를 강화시킨 고화토는 시멘트와 같이 광물의 특성을 갖는 흙 입자와 흙 입자를 연결해주는 결합재와 흙 입자 주위에 붙어서 결합을 방해하는 유기물질인 휴미드산(humid acid)의 작용을 억제하는 첨가제로 구성된다. 즉, 첨가제로 휴미드산의 작용을 억제해서 시멘트의 양이온(+)과 흙 입자의 음이온(-)의 결합을 용이하게 하여 고화토를 얻게 되는 것이다.

본 연구에서는 규산염을 기반으로 한 액상 첨가제와 석회를 기반으로 한 분말 첨가제를 사용하였으며 선정된 토사에 대해 3가지 유형의 고화토를 Table 1과 같이 선정하였다.

Table 1. Properties of Selected Solidified Soil Type

	Cement Binder (kg/m ³)	Additive (kg/m ³)	Property
Type A	230	2	Silicate based Liquid
Type B	115	1	Silicate based Liquid
Type C	150	14	Lime based Powder

A유형은 시멘트와 규산염이 상대적으로 많이 사용된 고화토이고 B유형은 시멘트와 규산염이 적게 사용된 고화토이며 C유형은 시멘트가 적게 사용되고 석회를 첨가제로 사용한 고화토이다. 이를 통해 결합재의 양에 따른 압축강도의 변화를 파악하고 첨가제의 차이에 따른 압축강도의 차이를 평가하고자 하였다.

3.2 실험계획 및 실험

고화토의 수침조건과 재령이 고화토의 압축강도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 선정된 3가지 유형의 고화토에 대하여 7일 공기건조 압축강도와 28일 공기건조 압축강도 그리고 28일 수침 압축강도에 대한 실험을 계획하였다. 그리고 통계적 분석을 위해 각 조건에 따른 실험회수를 Table 2와 같이 3회로 계획하였다.

Table 2. Design of Experiment

	7days (air dry)	28days (air dry)	28days (water curing)
Type A	3	3	3
Type B	3	3	3
Type C	3	3	3

본 연구에서는 시멘트를 결합재로 하고 규산염을 주원료로 하는 액상 첨가제와 석회를 주성분으로 하는 분말형 첨가제를 사용하는 고화토에 대해 실제 도로에 적용하는 배합대로 혼합하여 시료를 제작(Fig. 2)하고 압축강도실험을 실시하였다(Fig. 3). 크기 50mm 큐빅 몰드를 제작하여 KS L 5105 수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법에 따라 수행하였다.



Fig. 2. Cubic Molds for Compressive Strength Test



Fig. 3. Compressive Strength Test for the Specimen

4. 시험결과 및 통계적 분석

4.1 실험결과 및 개요

재령과 수침조건이 고화토의 압축강도에 미치는 영향을 분석하기 위한 고화토 유형과 양생조건에 따른 시험 결과를 Table 3에 정리하였다.

Table 3. Test Results of Compressive Strength for Solidified Soils, MPa

	7days	28days(a)	28days(w)
Type A	11.5	9.5	13
	10.5	7.2	9.2
	9.2	12.1	9.7
Type B	6.2	7.1	5.6
	7.3	5.7	4.9
	7.9	6.6	5.3
Type C	7.6	5.5	3.1
	7	4.7	2.6
	6.3	5.5	3.3

또한 이 실험결과를 가지고 분산분석을 실시한 결과가 Table 4이다. 분산분석은 95%신뢰수준에서 실시되었으며, 이 결과로부터 각각의 변수에 따라 유의한 차이를 보이는가를 판별할 수 있다. Table 4에서 P-Value가 0.05보다 크다면 유의한 차이를 보이지 않는다는 것을 의미하며 반대로 0.05보다 작으면 유의한 차이를 보인다는 것을 의미한다.

Table 4에서 P-Value가 고화토 유형별(row) 분석에서 1.5E-07이고 조건별 분석(col.)에서 0.016818로 두 값 모두 0.05보다 작다. 이것은 고화토 유형별, 조건별 유의한 차이를 나타내는 조건이 하나 이상 있다는 것을 의미한다. 이 값이 모두 0.05보다 크다면 유의한 차이를 나타내는 조건이 존재하지 않는다는 것을 의미하므로 더 이상의 분석이 필요 없게 된다. 또한 두변수 사이의 교호작용(interaction)은 P-Value가 0.05보다 크므로 없다고 판단할 수 있다. 분산분석에서 유의한 조건이 있다는 것으로 판명되었으면 각 조건을 쌍으로 분석하여 두 조건 사이에 유의한 차이가 있는가를 분석하는 것이 t-검정(t-test)이며 이를 통해 각각의 관계를 평가할 수 있다.

4.2 재령이 미치는 영향

고화토 3가지 유형에 대하여 공기건조 상태에서 7일 압축강도와 28일 압축강도를 그래프로 나타낸 것이 Fig. 4이다. Fig. 4를 보면 모든 고화토 유형에 대하여 7일 압축강도에 비해 28일 압축강도가 감소하는 것을 볼 수 있

Table 4. ANOVA: Two Way ANOVA for Compressive Strength of Solidified Soils

Source	Sum of Square	DF	Mean Square	F Ratio	P-Value	F Rejection
Factor A(row)	130.0289	2	65.01444	42.58588	1.5E-07	3.554557
Factor B(col.)	15.78667	2	7.893333	5.170306	0.016818	3.554557
Interaction	15.07111	4	3.767778	2.467977	0.081833	2.927744
Error	27.48	18	1.526667			
Total	188.3667	26				

다. 7일 압축강도만 보면 시멘트와 규산염 첨가제가 많이 사용된 유형 A가 유형 B보다 압축강도가 크게 나타났으며 시멘트 양이 비슷하고 첨가제가 다른 유형 C의 압축강도는 유형 B와 유사하게 평가되었다.

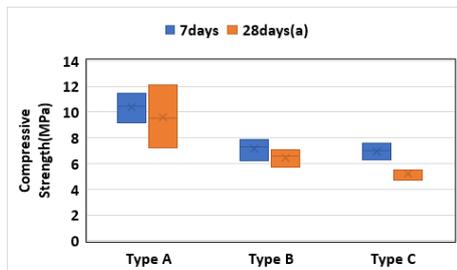


Fig. 4. Whisker Diagram for Compressive Strength between 7days and 28days

공기건조 상태에서 7일과 28일에 대한 재령에 따른 압축강도 차이는 유형 A와 유형 B에서는 유의한 차이를 보이지 않고 유형 C에서는 차이를 보이고 있는 것을 알 수 있다.

유형 C에 대한 t검정을 실시하기 위해 분산의 차이가 등분산(equal variance)인가 이분산(unequal variance)인가를 판별하기 위하여 F검정을 실시한다. Table 5가 F검정결과이며 여기서 P값이 0.5보다 크므로 등분산으로 평가된다.

Table 5. F-test: Between 7days and 28days for Type C, Assuming Equal Variances

	7days	28days
Mean	6.966667	5.233333
Variance	0.423333	0.213333
Observations	3	3
df	2	2
F	1.984375	
P(F<=f) one-tail	0.335079	
F Critical one-tail	19	

유형 C의 7일 및 28일 압축강도에 대한 t검정결과가 Table 6이다. Table 6을 보면 P값이 0.5에 근접한 상황에서 가설평균이 0.75를 나타내고 있다. 95% 신뢰수준에서 최소한 0.75Mpa의 강도차이를 보인다는 것을 의미한다.

Table 6. t-test: Between 7days and 28days for Type C, Assuming Equal Variances

	7days	28days
Mean	6.966667	5.233333
Variance	0.423333	0.213333
Observations	3	3
Pooled Variation	0.318333	
Hyperthesized Mean Difference	0.75	
df	4	
t Stat	2.134545	
P(T<=t) one-tail	0.049849	
t Critical one-tail	2.131847	
P(T<=t) two-tail	0.099697	
t Critical two-tail	2.776445	

결론적으로 시험된 고화토는 시간이 지날수록 평균 압축강도는 저하되는 것으로 나타났다. 통계적인 분석에서는 유형 A와 유형 B는 유의한 차이를 보이지 않은 반면 유형 C는 유의한 차이를 보이고 있다.

재령이 고화토의 압축강도에 미치는 영향을 분석한 또 하나의 조건이 수침 28일 압축강도이다. 7일 공기건조 압축강도와 28일 수침 압축강도를 표현한 그래프가 Fig. 5이다.

Fig. 5를 보면 유형 A에서는 강도가 증가하는 것으로 보이며 나머지 두 유형은 Fig. 3에서 보다 큰 차이를 보이고 있다. 이것은 공기건조 조건보다 수침조건에서 압축강도의 약화가 크다는 것을 알 수 있다.

유형 B와 C에 대한 t검정 결과가 Table 7과 Table 8이다. 이들의 가설평균차이는 각각 0.7MPa와 3.05MPa로 나타났다.

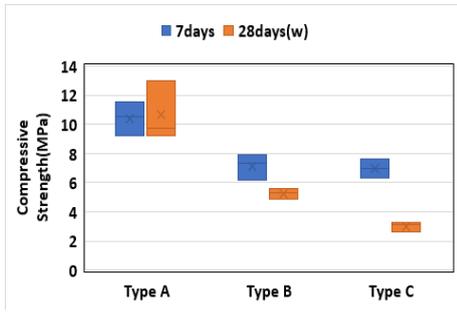


Fig. 5. Whisker Diagram for Compressive Strength between 7days and 28days(water)

Table 7. t-test: Between 7days and 28days(water) for Type B, Assuming Equal Variances

	7days	28days(water)
Mean	7.133333	5.266667
Variance	0.743333	0.123333
Observations	3	3
Pooled Variation	0.433333	
Hyperthesized Mean Difference	0.7	
df	4	
t Stat	2.170608	
P(T<=t) one-tail	0.047872	
t Critical one-tail	2.131847	
P(T<=t) two-tail	0.095745	
t Critical two-tail	2.776445	

Table 8. t-test: Between 7days and 28days(water) for Type C, Assuming Equal Variances

	7days	28days(water)
Mean	6.966667	3
Variance	0.423333	0.13
Observations	3	3
Pooled Variation	0.276667	
Hyperthesized Mean Difference	3.05	
df	4	
t Stat	2.134414	
P(T<=t) one-tail	0.049856	
t Critical one-tail	2.131847	
P(T<=t) two-tail	0.099712	
t Critical two-tail	2.776445	

4.3 수침조건이 미치는 영향

고화토 3가지 유형에 대하여 28일 공기건조 조건과 수침조건에서의 압축강도를 표현한 것이 Fig. 6이다. Fig. 6를 보면 유형 A에서는 오히려 압축강도가 증가하는 것으로 나타난 반면 유형 B와 C는 감소한 것으로 나타났다.

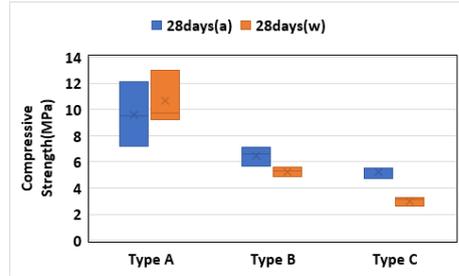


Fig. 6. Whisker Diagram for Compressive Strength between 28days and 28days(water)

유형 B와 C에 대한 공기건조 조건과 수침조건 사이의 28일 압축강도에 대한 t검정을 실시한 결과가 Table 9와 Table 10이다. Table 9에서 유형 B에 대한 가설평균차이는 0.22MPa, Table 10에서 유형 C에 대한 가설평균차이는 1.51MPa로 나타났다. 유형 C가 수침조건에 더 취약한 것으로 나타났다. 즉, 수화반응을 일으키는 규산염 보다는 양이온의 교환으로 함수율을 저감시키는 석회석에 의한 고화토가 장기적인 수침조건에는 더 취약한 것으로 판단된다.

Table 9. t-test: Between 28days and 28days(water) for Type B, Assuming Equal Variances

	28days	28days(water)
Mean	6.466667	5.266667
Variance	0.503333	0.123333
Observations	3	3
Pooled Variation	0.313333	
Hyperthesized Mean Difference	0.22	
df	4	
t Stat	2.144215	
P(T<=t) one-tail	0.04931	
t Critical one-tail	2.131847	
P(T<=t) two-tail	0.09862	
t Critical two-tail	2.776445	

Table 10. t-test: Between 28days and 28days(water) for Type C, Assuming Equal Variances

	28days	28days(water)
Mean	5.233333	3
Variance	0.213333	0.13
Observations	3	3
Pooled Variation	0.171667	
Hyperthesized Mean Difference	1.51	
df	4	
t Stat	2.138165	
P(T<=t) one-tail	0.049646	
t Critical one-tail	2.131847	
P(T<=t) two-tail	0.099292	
t Critical two-tail	2.776445	

5. 결론

본 연구에서는 일반 토사에 바인더와 첨가제를 투입하여 경화시키는 고화토를 도로포장의 기층으로 활용하기 위하여 3 종류의 고화토를 준비하여 이들의 재령과 수침 조건에 따른 압축강도의 변화를 평가하였다. 이를 통해 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 시멘트 230kg/m³ 규산염 첨가제 2kg/m³ 을 투입한 유형 A고화토의 초기 평균 압축강도는 10.4MPa로 나타났고, 시멘트와 규산염 첨가제가 적게 투입된 유형 B는 7.13MPa, 적은 시멘트와 규산염 대신 석회 첨가제를 투입한 유형 C에서는 6.97MPa를 나타내 유형 A 고화토가 유형 B와 C에 비해 월등한 초기 압축강도를 발현하였다. 재령에 따른 변화는 전반적으로 약화되는 경향이 있으나 유형 A와 B에서는 유의한 차이를 보이지 않았고 유형 C에서는 유의한 저하현상을 보였다. 첨가제의 차이가 고화토의 재령에 따른 압축강도의 약화에 영향을 미친 것으로 판단된다.

둘째, 수침조건이 고화토의 압축강도 특성에 미치는 영향을 분석한 결과 시멘트가 많이 투입된 유형 A에서는 오히려 수침 28일 압축강도가 공기건조 7일 압축강도보다 크게 나타났다. 시멘트의 양이 적게 투입된 유형 B와 C는 수침조건에서 강도가 유의하게 저하하는 것으로 나타났다으며 석회가 첨가제로 사용된 유형 C에서 가장 큰 차이를 보였다. 첨가제의 차이가 수침조건에서 고화토의 압축강도 약화에 영향을 미친 것으로 판단된다.

셋째, 시멘트와 규산염 첨가제가 상대적으로 많이 투입된 유형 A는 상대적으로 큰 초기 압축강도를 발현하였으며 시간의 경과와 수침조건에 따라 압축강도의 유의한 변화가 발생하지 않았다. 반면 시멘트의 양과 규산염이 적게 투입되거나 규산염 대신 석회를 사용할 경우 초기 압축강도의 저하와 함께 재령과 수침조건에 따라 강도의 저하가 유의하게 발생하였다. 다만, 높은 초기 압축강도를 발현하고 재령과 수침조건에 따른 강도변화를 보이지 않은 유형 A는 상대적으로 분산이 크게 나타났다.

결론적으로, 현장 품질관리를 통해 분산을 줄일 수 있다면, 유형 A의 고화토는 충분한 초기 압축강도와 압축강도의 지속성을 확보할 수 있을 것으로 판단되어 도로 기층으로의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

References

- [1] B. H. Oh, H. J. Lee, M. G. Lee, I. H. Yang, Fatigue Characteristics of Soil-Cement Based Pavement, Proceeding of the 1993 Fall Conference, Korea concrete society, OCT. 01 1993, pp. 273-277(in Korean)
- [2] J. R. Kim, H. B. Kang, H. Y. Kang, and D. H. Kim, Unconfined Compressive Strength Characteristics and Time Dependent Behavior of Soil-Cement, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol. 8, No. 4, pp. 87-96, Oct. 2004(in Korean)
- [3] S. C. Kang, K. W. Lee, Y. H. Cho, The Development of Cement Treated Base Material with Restraint reflection Crack, *Journal of the Korean Society of Highway Engineers*, Vol. 7, No. 2, pp. 33-43, June 2005(in Korean)
- [4] J. H. Yoo, S. W. Lee, D. S. Kim, Temperature Characteristics of Wet-mixing Solidified Soil Pavement, *Journal of the Korean Society of Highway Engineers*, Vol. 8, No. 1, pp. 45-54, March 2006(in Korean)
- [5] H. G. Yeo, A study on the Engineering Characteristics of Soil-Cement mixed with HILA, PhD Thesis, The University of Seoul, August 2007(in Korean)
- [6] S. P. Hwang, J. H. Jeoung, Y. S. Lee, S. H. Ryu, Characteristics of Organic Polymer Soil Pavement Curing Condition, *Journal of the Korean Geo-Environmental Society*, Vol. 15, No. 12, pp. 35-42, December, 2014(in Korean)
DOI : <http://dx.doi.org/10.14481/jkges.2014.15.12.35>
- [7] Y. J. Kim, Y. W. Choi, Y. J. Kim, Utilizability of Waste Concrete Powder as a Material for Soil Pavement, *Journal of Recycled Construction Resources Institute*, Vol. 3, No. 3, pp. 277-282, 2015(in Korean)

DOI : <http://dx.doi.org/10.14190/JRCR.2015.3.3.277>

- [8] H. S. Kim, Evaluation of the Usability of Eco-Friendly Cemented-Based Mixed Soil as a Substitute for the road base, PhD Thesis, Kyungpook National University, June 2020(in Korean)
-

유 인 균(In-Kyoon Yoo)

[정회원]



- 1986년 2월 : 고려대학교 공대대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 고려대학교 공대대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1995년 10월 : 도로 및 공항 기술사, 한국산업인력공단

- 1987년 4월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 도로교통연구본부 선임연구위원

<관심분야>

도로공학, 포장공학, 교통환경