

## 안정처리토의 동상특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Frost Heaving Characteristics of Soil Stabilized with the Additives

김재영(전북대) · 주재우(순천대) · 유병옥 · 양성기(전북대)  
Kim, Jae-Young · Ju, Jae-Woo · You, Byung-Ok · Yang, Sung-Kee\*

### Abstract

In order to study the frost heaving characteristics of soil stabilized with a quick lime, a cement and a briquette ash, frost heaving tests were performed with 2 kinds of soil sampled at Chonbuk-Do area. Frost heaving of no-stabilizing soil compacted with water content greater than optimum water content was increased as the frost period was increased but in case of samples with water content smaller than optimum water content, the frost period gave no affect about increase and decrease of the frost heaving. Both frost heaving of stabilizing and no-stabilizing soil with water content greater than optimum water content was decreased with the increase of the repetition number of freezing and thawing. There was no increase or decrease of frost heaving in the frost heaving test after 5 times of freezing and thawing.

### I. 서론

한냉지역에서는 동기에 지반의 동상현상(frost heaving)과 춘기의 융해기에 지반의 연화현상(frost boiling)이 문제가 되고 있으며 특히 도로설계에 있어서 동상억제는 중요한 과제 중의 하나이다. 동상현상이란 동절기에 대기의 온도가 0 °C이하가 되면 지표면 부근의 공극수가 동결하기 시작하여 동결면이 서서히 흡수 깊은 곳으로 진행되어 지반 중에 아이스렌스(ice lens)상의 빙층이 생기고, 이것이 점점 커지고 수량이 증가함에 따라서 지면이 부풀어 올라서 융기하는 현상이다.

최근에는 일본에서 Isida(1989, 1995, 1999), Kawabata(1997, 1998) 등에 의해서 석회계 고화제 안정처리토의 동상방지효과에 관한 연구가 수행되었다.

국내에서는 Ryu(1990) 등은 단열재로 Styrofoam을 삽입한 동결성토지반에 대하여 동결융해에 의한 열적거동을 연구하였으며, Chun(1993), Kong(1993), Kim(1998) 등은 석탄회, 시멘트 및 페타이어 등을 각각 사용하여 동상특성을 발표하였다.

본 연구에서는 도로의 노상토로 사용이 가능한 시료토에 첨가재로 생석회, 시멘트 및 연탄회를 사용하였으며 첨가재 혼합비와 함수비를 각각 변화시켜 공시체를 제작하였다.

폐식동상시험장치를 이용하여 동상시험을 실시하여 흙의 종류, 첨가제, 함수비, 동결시간, 동결융해반복회수 등이 동상억제효과에 미치는 영향을 분석하여 농촌도로포장설계에 필요한 기초자료로서 제공코저 한다.

### II. 재료 및 시험방법

본 연구에서 사용한 흙시료는 우리나라에 많이 분포되어 있으며 노상토 재료로도 많이 사용하는 화강풍화토로서 전주시 덕진동 건지산 주위에서 채취하였으며 물리적 특성은 Table 1와 같으며 입도분포곡선은 Fig. 1과 같다.

Table 1. Physical properties of soil used.

Item	Gs	LL	PI	Cu	$\gamma_{d(max)}$ (gf/cm <sup>3</sup> )	OMC (%)	USCS	Organic Matter (%)	PH
S-1	2.74	35.4	10.5	30	1.745	22.4	ML	0.34	7.85
S-2	2.68	20.5	N.P	50	1.836	19.2	SM	0.25	7.02

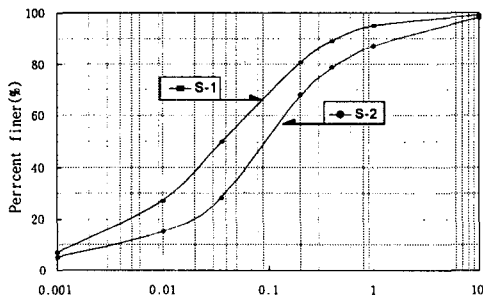


Fig. 1 Grain size distribution curves

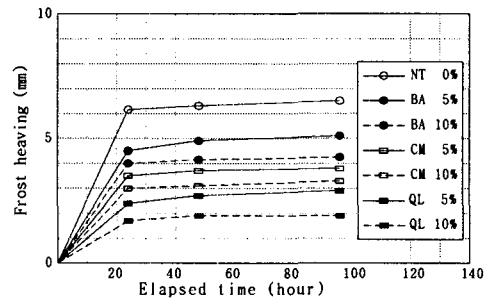


Fig. 2 Relationship between frost heaving and elapsed time of S-1 soil.

첨가제는 각각 No. 40 체에 통과된 것을 사용하였으며 시멘트는 H회사, 생석회는 Y회사 제품으로 물리적 및 화학적 특성은 Table 2, 3과 같으며, 연탄회는 가정용 22공탄을 완전 연소시킨 것으로 전북 완주군 상관면 신리에서 수집하였으며 파쇄시킨 후 No. 40 체에 통과된 것을 사용하였으며 물리적 및 화학적 성질은 Table 4와 같다.

Table 2. Physical properties and chemical composition of quick lime used

Item	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ig-Loss	SUM
Content(%)	2.0	0.6	0.4	92.2	1.8	0.02	0.06	2.33	100

Table 3. Physical properties and chemical composition of cement used

Item	Chemical Compositions										G.S	S.A (cm <sup>2</sup> /g)
	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ig-Loss	SUM		
Content(%)	20.67	3.18	5.23	62.52	3.52	2.32	0.05	1.01	1.50	100	3.15	3,522

Table 4. Characteristics of briquette ash used

Item	G.S	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Ig-Loss	Max. Grain Size	Per. finer than No. 200 Sieve
Content(%)	2.5	54.0	33.3	5.6	0.3	0.9	0.86	0.07	0.5(mm)	6.0

흙시료 S1, S2 각각에 대하여 첨가제를 0, 5, 10, 15, 20%씩 혼합 한 후 개량형 소형 다짐 시험기를 사용하여 다짐시험을 실시하여 최적함수비와 최대건조밀도를 측정하였다.

다짐시험에서 구한 최적함수비를 기준으로 -5, -10, 0, +5, +10, +15%로 함수비를 가감조절하여 공시체를 제작하였다.

동상시험은 미국 Fisher Scientific Co.제품의 냉동장치(H×W×D=210×79×97cm)에 물을 공급하지 않는 폐쇄형 시험으로 동결온도는 -20℃를 유지하였으며 동결시간은 24, 48, 96시간으로 하였다. 공시체는 A다짐용 몰드를 사용하여 직경 10cm, 높이 12.7cm로 제작하였으며, 각각 함수비를 달리하여 3층 25회씩 다짐을 하였다

동결융해시험은 -20℃에서 24시간 동결시킨 후, 항온장치에서 다시 +20℃로 24시간 융해하는 것을 1cycle로 9cycle까지 반복하여 실시하였다.

동상량의 측정은 공시체 상단을 0으로 하여 부풀어 오른 부분을 측정하여 동상량으로 하였으며, 수축된 경우에는 수축 부분을 측정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 처리토의 최적함수비와 동상량

Fig. 2, Fig. 3는 S-1, S-2시료에 생석회, 시멘트 및 연탄회의 혼합량을 각각 5%와 10%로 하여 최적함수비로 공시체를 제작하여 동결시험을 한 결과 경과시간에 따른 각각의 동상량을 나타낸 것이다.

비처리토의 경우에 동상량이 가장 큰 값을 나타냈으며 다음으로 연탄회, 시멘트, 생석회 처리토의 순으로 나타났다. 혼합량이 5%보다 10%에서 동상량은 작게 나타났으며 경과시간 24시간 이후에 동상량의 뚜렷한 증감변화는 나타나지 않았다. 이는 시료내부에서의 모관압력에 의한 공극수의 이동이 거의 발생하지 않았기 때문으로 생각된다. 또한 S-1시료가 S-2시료보다 동상량이 약간 큰 값을 보였다. 이는 자연함수비와 입도의 차이에 따른 것으로 생각된다.

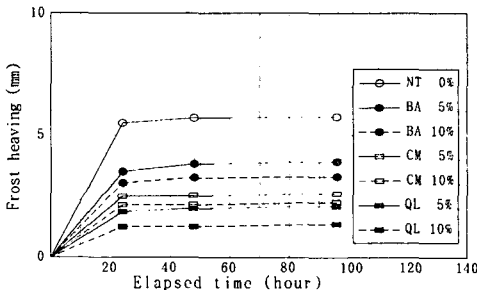


Fig. 3 Relationship between frost heaving and elapsed time of S-2 soil

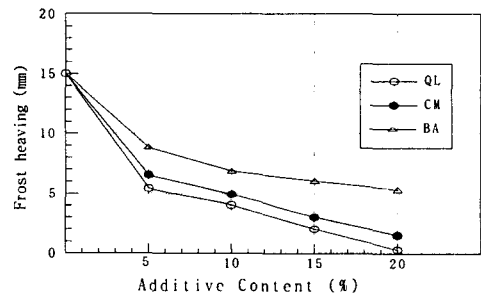


Fig. 4 Relationship between frost heaving and additives content of S-1 soil.

#### 2. 첨가재 함량과 동상량

Fig. 4, Fig. 5은 S-1, S-2시료에 생석회, 시멘트 및 연탄회 혼합량을 0%, 5%, 10%, 15%, 20%로 하여 최적함수비의 습윤측 함수비(OMC+15%)로 다져서 3일 간 동결시험을 한 후의 동상량을 나타낸 것이다. 혼합량이 증가함에 따라서 동상량은 감소하는 경향을 보였으며 특히 생석회와 시멘트처리토의 경우 동상량의 감소가 컸으며 20%생석회처리토의 경우는 동상량이 거의 발생하지 않아서 동상억제 효과가 다른 첨가재에 비하여 큰 것을 알 수 있다.

이는 첨가재의 증가에 따라서 첨가재가 공극의 충전재로 공극체적을 감소시키는 역할을 하여 단위중량의 증가와 함께 첨가재의 화학적 포졸란반응 등이 동결억제를 하여 동상량이 작게 되는 것으로 생각된다.

5%연탄회처리토 동상량은 비처리토보다 60% 작게 나타났으며, 5%생석회처리토보다는 60% 크게 나타났다. 또한 연탄회 처리토의 경우는 5%이후 첨가재 함량이 증가해도 동상량은 완만하게 감소하고 있어 생석회, 시멘트에 비하여 동상억제 효과는 적게 나타났다.

또한 S-1시료가 S-2시료보다 첨가재 함량의 증가에 따른 동상량 감소가 크게 나타났다.

Kong(1993)은 첨가재 혼합량 5, 10%에 대한 동결시험에서 시멘트, 석고플라스터, 소석회의 순으로 동상억제효과가 크게 나타났다고 하였다.

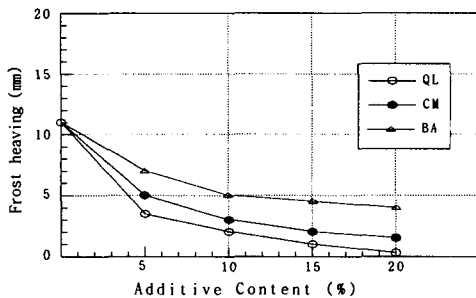


Fig. 5 Relationship between frost heaving and additives content of S-2 soil.

### 참고문헌

1. Beskow, G. 1947. Soil Freezing and frost heaving with special application to roads and railroads. Technical Institute Northwestern Univ. Evanston. Ill.
2. Rannanand, N. and P. Pussayanavin, 1971. Sandy silt stabilization by using emulsion with lime or cement. Proc. 4th Asian Reg. Conf. SM&FE. Bangkok : 397-402.
3. Kong, K. Y. 1993. A Study on the Effect of Frost-Heaving Restrain of Subgrade Soil with the Additives. M. Thesis. Kon-Kuk Univ. : 1-26.(in Korea)
4. Kim, Y. C. and B. H. Kang. 1993. The Control of the Ground Frost Heave by Using the Scrap Tire. J. of the Korean Geotechnical Society. Vol. 14(1) : 49-58.(in Korea)
5. Kim, J. Y. and S. U. Kang. 1975. The Effect of Water Content, Curing Temperature and Grain Size Distribution of Soil-Cement Mixtures. J. of the Korean Society of Agricultural Engineering. Vol. 19(1) : 34-45.(in Korea)
6. Ryu, N. H., McGown, A. and Y. S. Ryu. 1990. Effect of the Freeze-Thaw Process on the Strength Characteristics of Soils(3). J. of the Korean Society of Agricultural Engineering. Vol. 32(2) : 54-58.(in Korea)
7. Chun, S., I. S. Kang and Y. I. Koh. 1993. The Frost-Susceptibility of Compacted Coal Ash with Proper Mixtures Ratio of Fly Ash to Bottom Ash. J. of the Korean Society of Civil Engineering. Vol. 13(1) : 173-178.(in Korea)