

페타이어 분말 및 시멘트를 혼합한 동결토의 특성

The Property of Frozen Soil Mixed with Shredded Tire and Cement

김영진¹⁾, Young-Chin Kim, 손승모²⁾, Seung-Mo Son

¹⁾ 한국건설기술연구원 책임연구원, Research Fellow, Dept. of Geotechnical Engineering, Korea Institute of Construction Technology

²⁾ 국민대학교 건설시스템공학부 석사과정, Graduate student, Dept. of Civil Engineering, Kookmin Univ.

SYNOPSIS : The frost heaving is related with thermal conduction rate and permeability. If the thermal conduction rate can be controlled, it is effective to prevent from frost heaving. If soil mixed with shredded tire which has relatively lower thermal conduction rate than soil, it helps preventing from frost heaving. However, in this case, the shear strength can get weak. In this study, we compared thermal conduction rate of soil and shredded tire, and test uniaxial compression strength of soil which is mixed with shredded tire and cement in different ratio.

Key words : Frozen soil, Shredded tire, Thermal conductivity, Uniaxial compression strength, Cement

1. 서 론

최근 세계적으로 자동차 산업이 발전하면서 페타이어 발생량이 급증하여 이에 대한 처리가 새로운 문제점으로 부각되고 있다. 즉, 페타이어를 그대로 방치할 경우 주변경관의 손상, 해충의 서식지 제공, 화재발생에 의한 대기오염 등의 환경문제가 우려되고 있다. 따라서 환경문제 해결과 경제성 제고 측면에서 페타이어의 재활용율을 높이기 위한 다양한 기술개발 및 연구가 필요하다.

지반의 동상현상은 지반의 열전도율과 밀접한 관련이 있다. 따라서 지반의 열전도율을 낮추면 동상방지에 효과가 있으리라 판단된다. 따라서 본 연구에서는 열전도율 시험을 통해 흙과 페타이어의 열전도율을 비교분석하였고, 페타이어를 동상방지재로 재활용하는데 있어서 문제가 될 수 있는 강도약화를 시멘트로 보강하는 방안을 모색함으로써 페타이어의 재활용율을 높이고 지반의 동상방지와 강도개선의 효과를 보고자 한다.

2. 페타이어조각의 성질

2.1 페타이어조각의 기본성질

실험에 사용한 페타이어는 경기도 남양주에 위치한 B타이어에서 수거한 것으로 발생 페타이어는 일반 승용차에서 발생하는 소형 타이어를 그림 3.8.1과 같이 2~5mm의 크기로 잘라낸 후 사용하였다.



그림 1. 페타이어 조각

표 1. 페타이어조각과 골재의 비중

구 분	페타이어 조각	골재
비중(G_s)	1.1	자갈 : 2.5~2.7

페타이어 조각의 비중을 측정한 결과, 페타이어 조각의 비중 1.1로 물보다 약간 크게 나타났다.

2.2 열전도율

가. 시험방법

페타이어 조각을 크기가 25×25×10cm인 측정상자에 최대건조밀도의 90%로 다져 넣었다. 그 후 QTM식 Probe를 시료면 위에 놓고 열전도율을 5회 측정하여 평균값을 이용하였다. 또한 일반 건설재료와의 열전도율을 비교하기 위하여 모래, 점토, 자갈, 암석에 대한 열전도 실험을 수행하여 각각의 결과를 비교/분석하였다.



그림 2. 열전도시험기 모습

나. 시험결과

페타이어 조각의 열전도시험 측정결과는 표 2와 같고 일반적인 건설재료의 열전도율 측정결과는 표 3과 같다.

측정한 페타이어 조각의 열전도율은 평균 0.088kcal/mh℃이며 이것은 표 3에 나타난 일반재료의 측정값과 비교하면 일반자갈에 비해 약 23배, 모래의 열전도율은 약 19배, 점토의 열전도율은 약 15배 작게 나타났으며 암석에 비해서는 무려 30.7배 작게 나타났다.

표 2. 페타이어 조각의 열전도율 측정결과

측정횟수	열전도율(kcal/mh℃)
1	0.094
2	0.088
3	0.089
4	0.086
5	0.083
평 균	0.088

표 3. 일반재료의 열전도율 측정결과

재료명	모래	점토	자갈	암석
열전도율(kcal/mh℃)	1.7	1.3	1.98	2.7

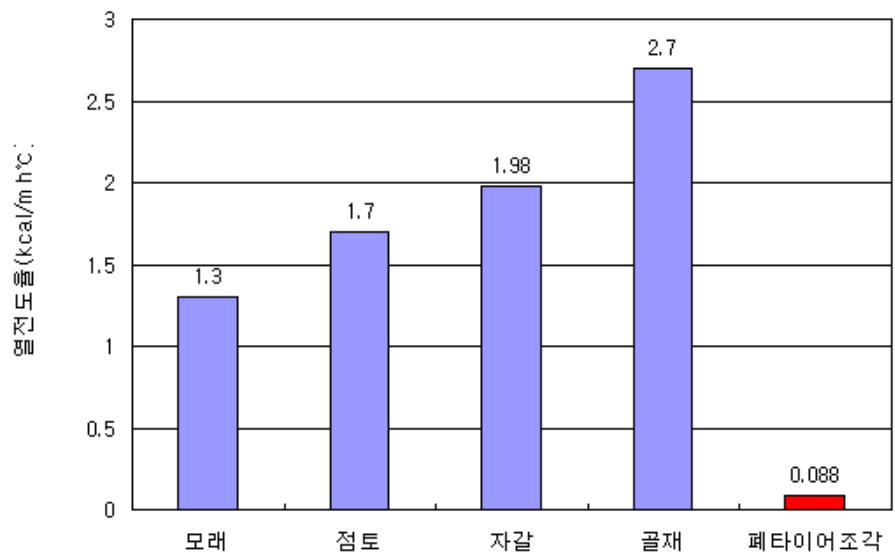


그림 3. 페타이어의 열전도시험 결과

3. 흙, 페타이어 및 시멘트 혼합토

3.1 흙, 페타이어 및 시멘트의 혼합방법

시험에 사용한 흙시료는 비중 2.68인 화강풍화토이며 통일분류법에 의해 SM으로 분류되었다. 페타이어와 흙은 중량비로 85:15, 70:30, 50:50으로 혼합을 하였고 이 혼합재료와 시멘트를 9:1의 비율로 혼합하여 압축몰드를 제작하였다. ‘KS F 2331:2007 흙 시멘트 혼합물의 함수량과 밀도 관계 시험 방법’에 의해 혼합토의 함수량과 단위체적중량을 결정하였다.

표 4. 흙, 페타이어, 시멘트의 혼합비

혼합비 (흙 : 페타이어)	혼합비 (흙 : 페타이어 : 시멘트)
85 : 15	76.5 : 13.5 : 10.0
70 : 30	63.0 : 27.0 : 10.0
50 : 50	45.0 : 45.0 : 10.0

표 5. 혼합비에 따른 최대건조단위중량 & 최적함수비

혼합비 (흙 : 페타이어 : 시멘트)	최대건조단위중량(g/cm ³)	최적함수비(%)
76.5 : 13.5 : 10.0	1.57	12.5
63.0 : 27.0 : 10.0	1.39	13.6
45.0 : 45.0 : 10.0	1.19	13.4

3.2 혼합토의 일축압축강도

가. 시험방법

혼합토의 압축강도시험의 공시체는 안지름이 50mm, 높이 100mm인 몰드를 사용하여 제작하였다. 먼저 흙과 페타이어의 혼합토의 공시체는 각 혼합비에 따른 최적함수비로 시료를 혼합하고 몰드 안에 최대건조단위중량에 따른 몰드부피의 중량만큼 다져 넣어서 몰드를 결합한 후 24시간동안 각 온도에 따라 냉동챔버에서 동결시켜서 시험을 하였고, 흙, 페타이어 및 시멘트의 혼합토의 공시체는 같은 크기의 몰드를 사용하여 최적함수비로 시료를 혼합하고 몰드 안에 최대건조단위중량에 따른 몰드부피의 중량만큼 다져 넣어서 몰드를 결합한 후 냉동챔버안에서 24시간동안 몰드를 결합한 상태로 양생을 하고 몰드를 해체한 후 냉동챔버안 공기 중에서 6일간 양생하였다. 이때 공시체 내의 함수비변화를 통제하기 위하여 공시체와 공기의 직접적 접촉을 막기 위해 비닐로 싸서 양생하였다. 총 7일을 양생하여 7일강도를 통해 흙+페타이어+시멘트 혼합토의 강도를 분석하였다.



그림 4. 극지 연구용 냉동챔버



냉기 배출구



챔버 내부바닥



냉동장치



제어장치

그림 5. 냉동챔버 주요 구성장치

나. 시험결과

시험결과는 동결온도에 따라 비교하였다. 흙과 페타이어를 혼합한 혼합토의 경우 동결온도가 낮을수록 더욱 높은 강도가 나왔고 페타이어에 대한 흙의 비율이 높을수록 더 높은 강도를 보였다. 흙과 페타이어의 혼합비율이 50:50인 경우 섭씨-5도에서 3.86kgf/cm²인 반면, 섭씨-20도에서 14.33kgf/cm²으로 3.7배 이상의 강도증가를 볼 수 있었다. 이러한 결과는 온도하강에 따른 간극의 부동수분의 감소와 간극의 얼음의 강도증가로 사료된다. 또한, 흙과 페타이어 및 시멘트로 혼합한 혼합토에서는 시멘트를 혼합하지 않은 혼합토에 비하여 큰 강도 증가를 볼 수 있었는데 이는 저온에서도 시멘트의 양생효과가 있었음을

보여준다고 해석된다. 흙과 페타이어 및 시멘트로 혼합한 혼합토에서는 온도하강에 따른 강도증가를 뚜렷하게 관찰할 수 없었는데 이것은 온도하강에 따른 부동수분의 감소보다는 시멘트의 양생효과에 따라 강도가 크게 지배하기 때문이라고 해석된다.

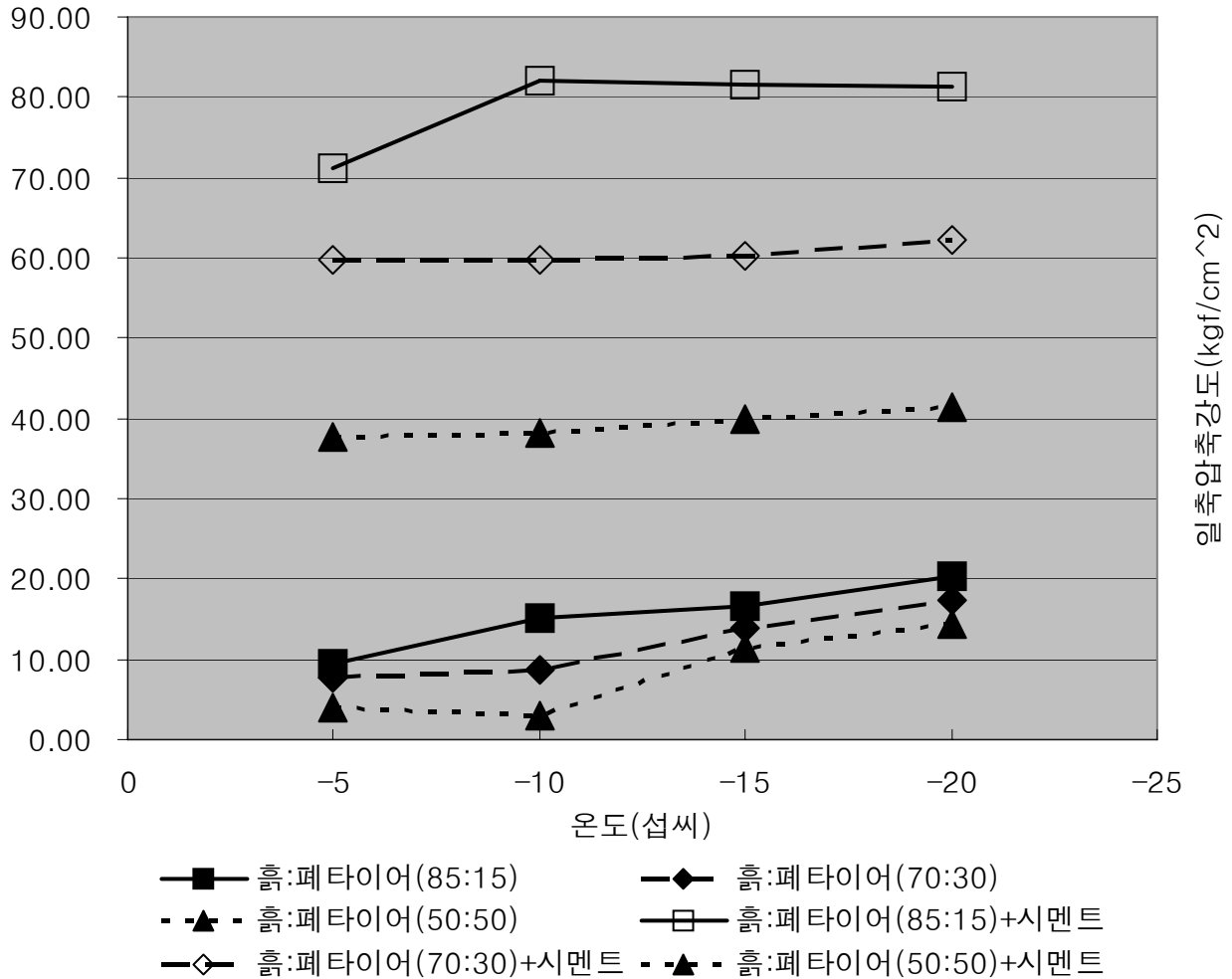


그림 6. 혼합토의 일축압축강도

4. 결 론

본 연구에서는 페타이어의 특성 및 흙과 페타이어 및 시멘트로 혼합한 혼합토의 강도특성에 대해서 분석하였다. 주요 결과는 다음과 같다.

- (1) 측정된 페타이어 조각의 열전도율은 평균 0.088kcal/mh²C이며 일반자갈에 비해 약 23배, 모래의 열전도율은 약 19배, 점토의 열전도율은 약 15배 작게 나타났으며 암석에 비해서는 무려 30.7배 작게 나타났다.
- (2) 흙과 페타이어를 혼합한 혼합토의 경우 동결온도가 낮을수록 더욱 높은 강도가 나왔고 페타이어에 대한 흙의 비율이 높을수록 더 높은 강도를 보였다. 이러한 결과는 온도하강에 따른 간극의 부동수분의 감소와 간극의 얼음의 강도증가로 사료된다.
- (3) 흙과 페타이어 및 시멘트로 혼합한 혼합토에서는 시멘트를 혼합하지 않은 혼합토에 비하여 큰 강도 증가를 볼 수 있었는데 이는 저온에서도 시멘트의 양생효과가 있었음을 보여준다고 해석된다.
- (4) 흙과 페타이어 및 시멘트로 혼합한 혼합토에서는 온도하강에 따른 강도증가를 뚜렷하게 관찰할 수

없었는데 이것은 온도하강에 따른 부동수분의 감소보다는 시멘트의 양생효과에 따라 강도가 크게 지배하기 때문이라고 해석된다.

참고문헌

1. 김영진(2007),“시베리아 동토지역 진출을 위한 미래건설 기술개발”, 한국건설기술연구원, pp. 170-174.
2. 김영진(2005),“부동수가 동토의 성질에 미치는 영향”, 한국지반공학회지, 제6권, 제2호, pp. 68-74.
3. Orlando B. Anderson, Branko Ladanyi(2003), *Frozen ground engineering*, WILEY, pp. 106-115.