

친환경 도로조성을 위한 보강형 고화도로노반의 공학적 특성 Engineering characteristics of reinforced solidified roadbed

고용국¹⁾, Yong-kook, Koh

¹⁾ (주)퓨트라 사장, President, Futura Co., Ltd

SYNOPSIS : The purpose of this paper is to study on the construction of roadbed with environmental friendly soil amendment agent and reinforced fiber. The special amendment agent and fiber used in this study has a function of soil-cement-agent solidification and reinforcement. A series of laboratory experiments including unconfined compressive strength, tensile strength, compaction test were carried out to investigate the physical and mechanical characteristics of roadbed treated by solidifying agent and fiber. The results of this research showed that the roadbed using poor soil could be efficiently constructed by treatment of this amendment agent and fiber.

Keywords : Roadbed, Solidification, Reinforcement, Soft soil, Binder, Agent, Treatment

1. 서론

도로포장은 크게 아스팔트콘크리트 포장, 시멘트 콘크리트 포장, 흙시멘트 포장으로 구분될 수 있다. 이들 포장체는 인공재료를 사용하기 때문에 미관 및 환경적으로 문제점이 있고 주변에 위대한 요소를 내포하고 있다. 흙시멘트 포장은 산책로, 공원로, 임도, 영내도로 등에 적용되며 흙에 시멘트 및 첨가제를 혼합하는 형태로 시멘트 및 고화제의 수화균열, 수축균열, 내구성 등에 의하여 균열, 마모 등에 대한 문제점이 발생하고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 자체적으로 개발한 Eco-Cure 무기성 고화제 및 Super Strong Micro Fiber 고분자재료를 이용하여 기존 콘크리트포장, 아스팔트포장 및 단순고화제포장 등의 단점을 보완할 수 있는 개량형 고품화 도로포장 방안을 강구하였다. 특히, 자연재료에 친환경적인 고화제를 사용하여 환경친화적인 도로포장체를 조성하는 방안을 고안하여 실내시험을 실시하였다. 본 시험에서는 고화제로 처리된 도로포장층에 대하여 다짐특성, 일축압축강도특성, 휨강도 등을 실시하여 이의 공학적 특성을 파악하여 화이버보강형 고화토 포장공법(Fiber Reinforced Solidified Soil Pavement)을 개발하였다. 본 기술을 에코페이브(Eco-Pave)라고 명명하였다.

본 신청 신기술인 Eco-Pave는 현장에서 발생한 건설잔토 및 불량토를 도로노반재로 재사용하여 현장 여건에 따라 기존의 아스팔트콘크리트 포장, 시멘트콘크리트 포장 및 흙시멘트 포장을 대체할 수 있으며 환경친화적이고 경제적인 포장이 가능하게 하며 단순 고화형인 흙시멘트 포장의 단점인 균열을 억제하는 보강형 고화제를 이용한 보강형 고화 혼합토 및 이를 사용한 친환경 도로조성 방법을 제공한다.

2. 보강형 고화토의 원리

2.1 전단강도 증가이론

토사에 고화재 및 보강재를 추가한 보강형 고화토의 전단강도는 그림 1과 같다.

$$S_t = S_s + S_f$$

여기서, S_t = 전체 전단강도

S_s = 고화토의 전단강도

S_f = 보강토의 전단강도

2.2 휨강도 증가이론

토사에 고화재 및 보강재를 추가한 보강형 고화토의 휨강도는 그림 2와 같다. 보강형 고화토의 경우는 고화재와 보강재가 모두 흙에 혼합되어 있기 때문에 고화재의 강도증가 효과 및 보강재의 토립자 연결/긴결효과에 의하여 일반토, 고화토, 보강토에 비하여 휨강도가 매우 크게 발현된다.

그리고 전단력에 의하여 보강형 고화토가 균열되었다 하더라도 그 균열부는 완전하게 잘라지는 것이 아니라 단지 절단만 된 상태로 보강재의 연결효과에 의하여 균열부가 서로 붙어 있게 되고 균열부는 다시 수분 등이 보충되게 되면 균열부가 서로 달라붙어 복원되는 성질을 갖게 된다.

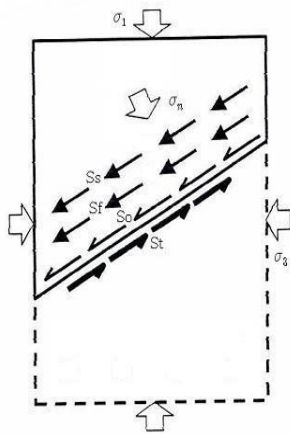


그림 1. 보강형 고화토의 전단강도 증가 모식도

그림 2. 보강형 고화토의 휨강도 증가 모식도

2.3 보강형 고화토의 균열억제이론

그림 3과 같이 비보강형 고화토는 균열이 발생하고 발생한 균열이 장기적으로도 복원이 되지 않는다. 그러나 보강형 고화토는 균열의 발생이 미미하고 발생한 균열이 원래의 상태로 복원이 된다.



그림 3. 비 보강형 고화토와 보강형 고화토의 균열 비교

3. 보강형 고화도로노반의 공학적 특성

3.1 다짐특성

그림 4에 다짐특성 결과를 제시하였다. 그림에서 보듯이 화이버 보강재의 함량이 증가할 수록 최대건조밀도가 감소하고 최적함수비(OMC)는 증가하는 경향을 나타낸다. 모래질 흙, 점토질 흙 및 실트질 흙 중에서 최대건조밀도의 크기는 모래질 흙, 실트질 흙, 점토질 흙의 순으로 나타나고, 최적함수비는 점토질 흙, 실트질 흙, 모래질 흙의 순으로 나타났다.

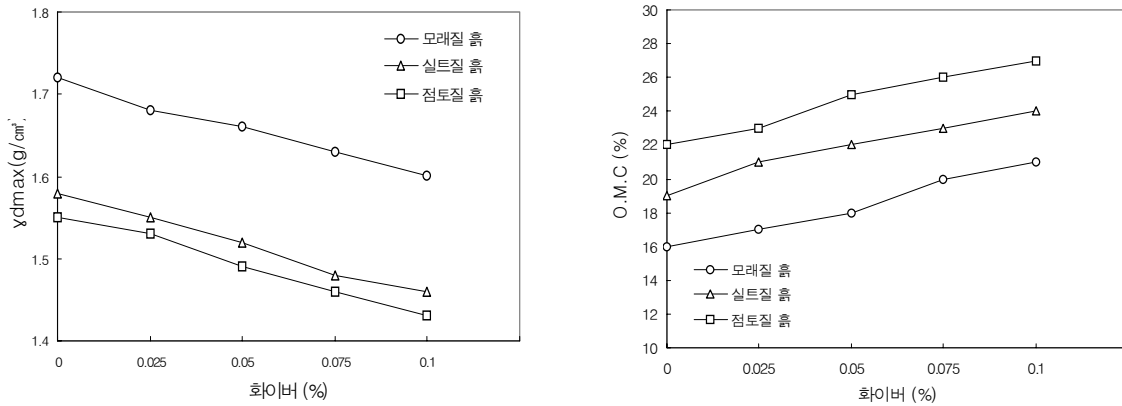
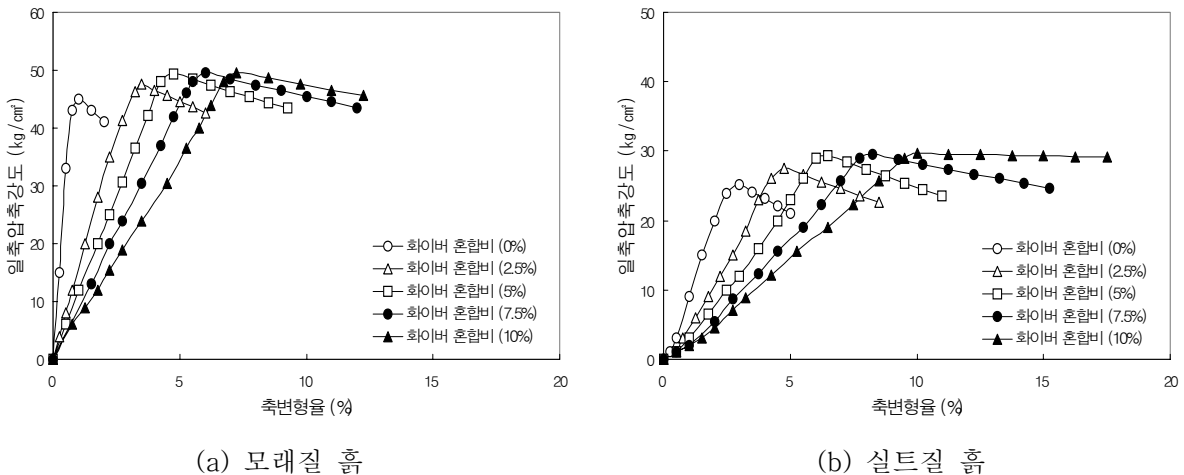


그림 4. 화이버 혼합비에 따른 최대건조밀도 변화

3.2 일축압축강도특성

그림 5에서는 시멘트 5.0%, 고화제 0.05%씩 혼합된 각 흙에 화이버 첨가량의 변화에 따른 화이버혼합 보강토의 응력-변형률 곡선을 보여주며 흙 종류에 관계없이 고화제가 첨가된 화이버혼합 보강토의 응력-변형률 곡선은 화이버가 첨가되지 않은 경우와 비교하여 최대일축응력은 보다 크게 발현되며, 최대일축응력에 도달하는 축변형률이 보다 작게 나타났다. 이는 고화제의 수화작용에 의해 흙입자 간의 결합력이 증대되는 반면에 흙 속에서 인장된 화이버에 의한 흙의 수평변형 구속효과는 상대적으로 감소되기 때문으로 사료된다.

또한, 화이버의 첨가량이 증가할 수록 화이버혼합 보강토의 최대일축응력은 증가하나 최대일축응력에 도달하는 축변형률은 증가함을 알 수 있다.



(a) 모래질 흙

(b) 실트질 흙

그림 5. 화이버 혼합비에 따른 다짐특성곡선

3.3 휨강도 특성

본 시험결과 화이버 배합비에 따른 휨강도를 살펴보면 그림 6과 같이 화이버 배합비에 따른 휨강도를 보면 모래질 흙은 약간의 불규칙한 휨강도의 크기변화를 보였으며, 실트질 흙에서는 거의 일정한 간격의 휨강도의 증가를 나타내었고, 점토질 흙에서는 화이버 배합비를 증가할수록 휨강도의 크기가 같아지는 현상을 보였다. 점토질 흙에서는 각 양생일수 마다 화이버 배합비에 따른 휨강도의 크기 변화가 작게 나고, 양생일수 14일과 28일간에는는 휨강도의 크기차이가 거의 없으며 화이버를 혼합하지 않았을때는 약간의 휨강도의 크기차이를 보이다가 0.1%이상의 화이버를 혼합하였을때는 휨강도의 크기가 같아지는 현상이 알 수 있다. 각 흙에 따른 화이버 배합비에 대한 휨강도의 변화는 화이버 배합비가 0.05%까지 미세하게 증가하다가 0.05%이상의 배합비부터 지속적인 휨강도 증가를 나타내었다. 그림 6에서와 같이 휨강도의 크기는 화이버 배합비가 증가할수록 커지고, 모래질 흙이 가장 크게 나타났으며, 점토질 흙, 실트질 흙 순으로 실트질 흙이 가장 작게 나타났다.

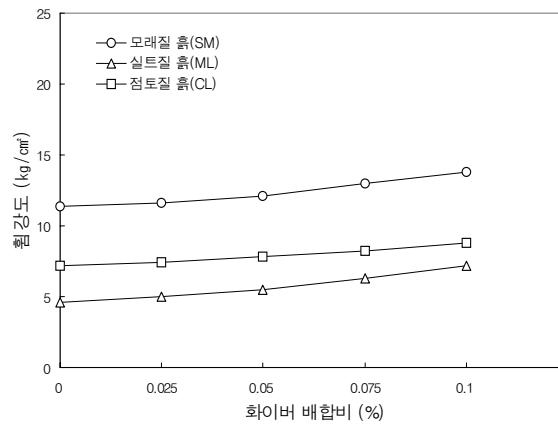


그림 6. 화이버 배합비에 따른 휨강도

4. 결론

본 연구에서는 자체적으로 개발한 Eco-Cure 무기성 고화재 및 Super Strong Micro Fiber 고분자재료를 이용한 각종 실내시험을 실시하여 이의 성과를 분석하였으며 본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 본 보강형 고화도로노반은 매우 견고하고 균열이 없으며 마모에 대한 저항성이 크고 주변환경에 어울리는 친환경적 포장구조체를 형성하는 것으로 평가되었다.
- 2) 최대건조밀도의 크기는 모래질 흙, 실트질 흙, 점토질 흙의 순으로 나타나고, 최적함수비는 점토질 흙, 실트질 흙, 모래질 흙의 순으로 나타났다.
- 3) 화이버의 첨가량이 증가할수록 일축압축강도 및 휨강도는 증가하는 것으로 나타나 화이버의 첨가에 의하여 보강효과가 증가하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Futura Co., Ltd, Scientific approaches to the soil environment.
2. Futura Co., Ltd, ECO-CURE Process.
8. B. M. Steenari and O. Lindqvist(1998), Stabilisation of biofuel ashes for recycling to forest soil, Fuel and Energy Abstracts, Volume 39, Issue 3, May 1998, 199p.