

Construction of Environmentally Friendly Roadbed by Reinforcing Type Soil Solidification Agent

¹⁾ Yong-kook, Koh

¹⁾ () , President, Futura Co., Ltd

SYNOPSIS : The purpose of this paper is to study on the construction of environmentally friendly roadbed by reinforcing type soil solidification agent. The soil amendment agent used in this study is friendly to the environment, and has a function of soil-cement-agent solidification. The soil amendment agent was admixed with reinforced fiber material for enhancement of strength and durability of roadbed. The project of trial field test of roadbed construction with special reinforcing soil treatment agent was performed in Gyunggido on December 2003. A series of field and laboratory experiments including unconfined compressive strength, permeability were carried out to investigate the physical and mechanical characteristics of solidified roadbed treated by this reinforced solidifying agent. The results of this research showed that the roadbed using normal and poor soil could be efficiently constructed by treatment of this reinforcing type solidification agent admixed with fiber material.

Keywords: Reinforcement, Roadbed, Solidification, Stabilization, Soil binder, Improvement

1. 서론

현재 사용되고 있는 고화제에는 단순형 고화제가 대부분이다. 본 연구에서는 기존의 단순형 고화제의 단점을 보완한 보강형 고화제를 고안하였다. 보강형 고화제는 본사에서 개발한 고화제에 보강재를 삽입하여 지반의 보강기능을 향상시킨 것이다. 본 연구에서는 무기성 보강형 고화제를 이용하여 임도, 산책로, 농로, 간이도로, 영내도로 등의 조성을 위한 친환경적 도로노반을 조성하고자 한다. 보강형 고화제를 사용함으로써 기존 단순 고화형 포장의 단점인 균열을 억제하고 내구성을 증진시키는 기능을 얻고자 한다.

본 연구목적을 위하여 현지발생토를 보강형 고화제로 처리하여 도로노반을 조성하는 현장시험시공을 실시하였다. 현장시험시공과 병행하여 각종 실내시험 및 현장시험을 실시하였다. 현지발생토로는 현장인근의 일반토를 사용하였고 시험종목으로는 강도, CBR, 평판재하 등을 실시하였으며 시간경과에 따른 물성변화 특성을 살펴보았다. 그리고 보강형 고화제에 대한 환경성 분석을 실시하였다. 특히, 단순 고화제 및 보강 고화제에 대한 고화제의 물리적 및 환경적 특성을 분석하였다.

현장시험시공결과 보강형 고화제에 의해 조성된 도로노반은 소정의 도로노반기준을 만족하고 효과적인 기능을 갖추는 것으로 나타났다. 따라서 본 공법은 도로포장체에서 노체, 노상, 동상방지층, 보조기층, 기층에 적절하게 적용할 수 있는 것으로 분석되었다. 그리고 도로통과에 따른 도로노반의 내구성 및 강성을 증진시킬 수 있는 것으로 평가되었다.

2. 보강형 고화제를 이용한 도로노반의 특성

본 연구는 보강형 고화제를 이용한 보강형 고화 혼합토 및 이를 사용한 친환경 도로조성 방법에 관한 것으로, 그 목적은 무기성 고화제 및 고분자섬유 보강재를 이용하여 기존의 아스팔트콘크리트 및 시멘트콘크리트 포장을 대체하고, 또한 현장에서 발생한 불량토를 고화 처리하여 도로노반재로 재사용하여 본 발명과 혼용하여 적용함으로써 단순 고화형 포장의 단점인 균열을 억제하는 보강형 고화제를 이용한 보강형 고화 혼합토 및 이를 사용한 친환경 도로조성 방법을 제공하는데 있다. 본 기술은 일반토사, 시멘트, 보강재, 고화제를 혼합하여 보강형 도로노반을 조성하는 것이다.

도로포장은 크게 아스팔트 콘크리트 포장과 시멘트 콘크리트 포장으로 구분되며 여기에 고화제 포장을 추가할 수가 있다. 아스팔트콘크리트 및 시멘트콘크리트 포장은 불투수성으로 되어 외기와 지중간에 차단역할을 하여 빗물의 침투를 방해하고 공기의 투과를 억제하여 지중내의 생물계에 악영향을 미치고 있다. 그리고 기존의 시멘트콘크리트나 아스팔트콘크리트를 포장층은 원지반, 노체, 노상, 동상방지층, 보조기층, 기층, 표층 모두를 갖추어야만 도로로서의 기능을 발휘하게 된다. 고화제 포장은 영내도로, 간이도로 등에 간헐적으로 사용되고 있으나 고화제의 수화균열, 수축균열, 강성미흡 등에 의하여 균열, 러팅(rutting), 마모 등의 문제점이 발생하고 있다.

따라서 이에 대한 보완책이 필요하나 아직까지 이에 대한 뚜렷한 대책이 강구되지 않은 실정이다. 따라서 원지반, 노체, 노상, 동상방지층, 보조기층, 기층, 표층 모두를 갖추어야만 도로로서의 기능을 발휘하게 되는 기존의 시멘트콘크리트나 아스팔트콘크리트 포장층을 하나의 층으로 하여 도로를 조성할 수 있다면 매우 경제적이고 빠르게 시공이 가능할 것이다. 또한 현재 도로공사시에 발생하는 불량토는 도로 성토재로 사용하지 못하고 현장 외로 반출하는 사례가 있는데 이를 보강재 및 고화제를 혼합하면 양질의 도로노반재를 얻을 수 있을 것이다.

상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 무기성 고화제 및 고분자섬유 보강재를 이용하여 기존의 아스팔트콘크리트 및 시멘트콘크리트 포장을 대체하고, 또한 현장에서 발생한 불량토를 고화 처리하여 도로노반재로 재사용하여 본 발명과 혼용하여 적용함으로써 단순 고화형 포장의 단점인 균열을 억제하는 보강형 고화제를 이용한 보강형 고화 혼합토 및 이를 사용한 친환경 도로조성 방법을 고안하였다. 따라서 본 연구에서는 도로공사시 기존 시멘트콘크리트포장, 아스팔트콘크리트포장, 단순고화제 포장 등의 단점을 보완하기 위하여 섬유화이버(fiber) 등의 보강재를 소량 삽입 혼합함으로써 보강성 및 통기성을 증진시킨 환경친화적인 보강형 고화제를 이용한 보강형 고화 혼합토를 고안하였다.

상기와 같은 본 연구의 목적은 도로공사시 기존 시멘트콘크리트포장, 아스팔트콘크리트포장, 단순고화제 포장 등의 단점을 보완하기 위하여 섬유화이버(fiber) 등의 보강재를 소량 삽입 혼합함으로써 보강성 및 통기성을 증진시킨 환경친화적인 도로포장체를 일체로 조성하는 공법을 제공하는 것이다. 본 기술은 기존의 아스팔트콘크리트 및 시멘트콘크리트 포장층에 비하여 친환경적이고 신속한 시공이 가능하며 기존의 포장시공 장비의 접근이 어려운 현장에 적용성이 높다.

여기에서, 보강형 고화제는 보강재 및 무기성 고화제로 구성된 것으로, 상기 보강재는 실선형의 폴리프로필렌화이버(polypropylene fiber)와 판상형의 부직포(geotextile)중에서 선택된 하나를 사용한다. 무기성 고화제는 염화나트륨, 염화칼륨, 염화마그네슘, 염화칼슘, 염화알루미늄, 염화제2철 등으로 구성되어 있다. 본 보강형 고화 도로노반은 모재인 토사에 시멘트, 보강재, 고화제를 투입하고 혼합하여 형성된 것으로 친환경적인 도로노반을 제공하게 된다.

3. 보강형 고화제를 이용한 도로노반 현장시험시공 수행

본 연구에서는 경기도 북부의 택지개발지구 단지내 도로를 조성하는 현장에서 시험시공을 실시하였다. 현장시험시공은 현장 시공사의 협조를 받아 실시하였다. 고화제는 당사에서 개발한 제품으로 하였고 보강재는 기성 제품을 사용하였다. 원지반 조건은 우리나라의 전형적인 화강풍화토이었다.

현장시험시공은 고화제 및 보강재의 혼합조건에 따라 5가지 조건으로 하였다. Case 1은 고화제에 보강재 0.1% 혼합한 경우이고, Case 2는 고화제에 보강재 0.075% 혼합한 경우이다. 그리고 Case 3은 고화제에 보강재 0.05% 혼합한 경우이고, Case 4는 고화제에 보강재 0.0252% 혼합한 경우이다. 그리고 Case 5는 고화제만을 혼합한 경우이다. 현장시험시공 절차는 원지반 정리, 구획선 설치, 모토채취, 시멘트 및 보강재 살포, 포크레인에 의한 흙과 시멘트 및 보강재의 교반혼합, 고화제 수용액 제조, 고화제 수용액 살포, 혼합토와 고화제 수용액 교반혼합, 탱크차 살수, 스테빌라이저에 의한 최종혼합공정, 매커덤로라에 의한 가전압 시공, 모터그레이더에 의한 평탄작업, 로라에 의한 본 전압, 현장시험시료 채취, 시공완료의 순서로 수행하였다. 현장시험시공과 병행하여 각종 시험을 위한 시료채취 및 시험물드를 제조하였다.

현장시험시공은 매우 성공적으로 시행되었으며 본 고화제 및 보강재로 처리된 도로노반은 매우 견고하고 균열이 없었으며 마모에 대한 저항성이 크고 및 주변환경에 어울리는 친환경적 포장구조체를 형성하는 것으로 평가되었다. 그리고 시공기간 및 시공장비가 기존의 포장체에 비하여 매우 작게 소요되는 것으로 조사되었다.



그림 1. 시멘트 및 보강재 혼합



그림 2. 고화제 살포 및 혼합



그림 3. 도로노반 초기 다짐



그림 4. 도로노반 말기 다짐

4. 보강형 고화제를 이용한 노로노반 현장시험시공 시험결과 및 분석

현장시험시공과 병행하여 각각의 시료에 대한 실내 다짐시험, 현장 밀도시험, 일축압축강도시험, 투수 시험 등을 실시하였다. 일축압축강도시험 및 투수시험은 아래 그림과 같이 시험용 몰드를 제작하여 실시하였다. 시험용 몰드를 실험실로 운반하여 기간별로 몰드를 탈형하여 소정의 시험을 실시하였다. 이 중에서 대표적으로 실내다짐, 현장밀도, 일축압축강도 시험결과를 살펴보면 다음 표와 같다. 아래 표 1 및 표 2의 보강재 혼합시료에 대한 실내다짐시험 및 현장밀도시험 결과로부터 현장의 시공다짐도는 99.4%와 95.9%로 나타났다.

표 3의 일축압축강도 시험결과를 보면 각 조건에 대해 모두 30kg/cm²을 상회하는 것으로 나타났다. 그리고 시간이 경과함에 따라 강도가 점진적으로 증가함을 알 수 있다. 본 시험결과는 도로용 시멘트안정처리기층의 일축압축강도는 30kg/cm²을 기준으로 하고 있으므로 단순 고행체 및 보강재 고행체가 모두 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 따라서 본 수치로부터 보강형 고행체로 처리된 도로노반은 본래 도로포장체로서의 기능을 발휘하는데 매우 양호한 성능을 가지고 있음을 알 수 있다.



그림 5. 몰드시료 제작 장면



그림 6. 몰드시료 성형 장면

표 1. 보강재 혼합시료에 대한 실내다짐시험 결과

시험번호	최대밀도 및 최적함수비		
	v_t (g/cm ³)	OMC (%)	v_d (g/cm ³)
1	2.235	10.9	2.015

표 2. 보강재 혼합시료에 대한 현장밀도시험 결과

시험번호	현장밀도 및 현장함수비		
	v_t (g/cm ³)	W_c (%)	v_d (g/cm ³)
1	2.254	12.48	2.003
2	2.322	11.82	1.933

표 3. 보강형 고화제로 처리된 도로노반의 일축압축강도

시험조건	일축압축강도 (kg/cm ²)	
	3일 경과	7일 경과
Case 1	29.1	31.7
Case 2	30.0	36.6
Case 3	31.7	37.5
Case 4	32.4	38.1
Case 5	32.6	38.3

5. 결론

본 연구에서는 기존의 단순형 고화제와는 차별화를 갖는 보강형 고화제를 이용한 도로노반 현장시험 시공을 실시하여 이의 성과를 분석하였다. 본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수가 있었다.

- 1) 현장시험시공을 통하여 얻은 보강형 고형화 도로노반은 기존의 단순형 고형화 도로노반에 비하여 매우 견고하고 균열이 없었으며 내구성 및 마모에 대한 저항성이 큰 것으로 평가되었다.
- 2) 현장시험시공결과 보강형 고형화 도로노반은 시공기간 및 시공장비가 기존의 단순형 고형화 도로노반과 비슷하나 도로노반 기능면에 있어서는 효과가 큰 것으로 평가되었다.
- 3) 현장시험결과 고화제와 보강제로 처리된 도로노반은 소정의 기준을 모두 만족하는 것으로 나타나 도로포장체로서의 기능을 발휘하는데 매우 양호한 성능을 가지는 것으로 평가된다.

참고문헌

1. 고용국, 친환경 토질개량제를 이용한 도로노반 건설공사에 관한 연구, 2003 봄학술발표회논문집, 한국지반공학회, 2003.3.
2. Futura Co., Ltd, Scientific approaches to the soil environment.
3. Futura Co., Ltd, ECO-CURE Process.
4. J. G. Zornberg, Discrete framework for limit equilibrium analysis of fibre-reinforced soil, Geotechnique Vol 52, No 8, Elsevier, pp 593-604, 2002.
5. M. Touahamia, V. Sivakumar, D. Mckelvey, Shear strength of reinforced-recycled material, Construction and Building Materials Vol. 16, Elsevier, pp331-339, 2002.
6. F. Sanchez, R. Barna, A. Garrabrants, D. S. Kosson and P. Moszkowicz(2000), Environmental assessment of a cement-based solidified soil contaminated with lead, Chemical Engineering Science, Volume 55, Issue 1, January 2000, Pages 113-128.
7. 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, Page 199.
8. M. A. Azouni and P. Casses(1998), Thermophysical properties effects on segregation during solidification, Advances in Colloid and Interface Science, Volume 75, Issue 2, 16 April 1998, Pages 83-106.