

고화재를 사용한 Soil-Concrete의 강도 및 투수특성

Experimental study on the Strength and Permeable Properties of Soil-Concrete

서 대 석* · 김 영 익 · 정 현 정
Seo, Dae Seuk · Kim, young Ik · Jung, Hyun Jung

남 기 성 · 이 전 성 · 성 찬 용
Nam, Ki Sung · Lee, Jeon Sung · Sung, Chan yong

Abstract

This study is performed to evaluate the strength and permeable properties of soil-concrete.

The results show that the highest compressive strength and bending strength of soil-concrete is achieved by 20% gravel, 20% excellent soil compound and 0.1% polypropylene fiber filled soil concrete. The coefficient of permeability is decreased with increase of the content of gravel and excellent soil compound, and increased with increase of the content of polypropylene fiber.

Accordingly, soil concrete with polypropylene fiber will be improve the physical and mechanical properties of concrete.

1. 서론

농업의 개방화에 따른 우리 농업이 경쟁력을 확보하기 위한 고도의 농업생산성 유지를 위해서는 우리 나라 농촌의 현실에 맞는 농업기반시설을 갖추는 일이 선행되어야 하며, 특히 기계화영농을 위한 충분한 농로확보와 농로포장 등으로 농업여건을 크게 개선하여야 할 것이다. 농촌도로는 농촌주민의 일상생활은 물론 농업생산과 유통을 위한 생활 및 생산 기반일 뿐만 아니라 농촌지역의 발전을 선도·지원하는 기본적인 사회간접자본이다. 따라서 농촌도로가 얼마나 합리적으로 정비되어 있는가에 따라 농촌주민의 생활 및 생산활동을 위한 교통의 편의도와 그 지역의 공간생활체계가 얼마나 효과적으로 운용되고 있는가를 판단할 수 있을 만큼 중요한 요소가 된다. 이러한 농지의 개량과 정비는 공학적 기술만으로는 적용할 수 없으며, 다양한 인자와 환경적·역사적 제한조건을 충족시켜야 하고¹⁾, 농업생산성 증대만을 위주로 농업의 환경친화적 기능을 저하하거나, 환경보전적 기능과 역할을 염두에 두지 않은 단편적인 개발을 하여

많은 문제점을 안고 있다⁴⁾.

따라서, 본 연구는 농업생산량의 증대와 환경보전을 전제로 하는 자연친화적인 농로의 개량과 정비를 위하여 현장의 흙을 경작로의 기본재료로 하고 흙의 단점을 보완할 수 있는 고화재, 천연골재, 폴리프로필렌 섬유 등을 혼합하여 자연친화적인 포장재료를 개발하여, 압축강도, 투수성 및 동결융해 시험을 통해 현장에 적용하기 위한 기초자료를 수립하는데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

가. 흙

흙 시료는 충청북도 청원군 경작로에서 채취한 점토질의 세사로 비중이 2.66인 흙으로 건조로에 24시간 건조 후 사용하였다.

나. 골재

포장의 강도와 내구성의 증진을 위해 사용한 골재는 금강유역에서 채취한 표면건조포화상태의 천연골재로 입경이 4.75~10mm 사이의 크기로 단위중량이 1,502 kgf/cm³인 것을 사용하였다.

다. 폴리프로필렌 섬유

포장의 수축에 의해 발생하는 균열방지와 휨강도의 증진을 위해 사용된 망사형의 폴리프로필렌 섬유는 길이가 19mm, 인장강도가 3,500~7,700kgf/cm²이고, 산과 염기에 대한 저항이 큰 섬유를 사용하였다.

라. 고화재

고화재는 사질토, 점성토, 개펄 및 산업부산물 등을 유효하게 고화시키는 분상의 재료로서, 그 화학성분은 CaO가 54.6%, SiO₂가 23.9%인 시멘트계 고화제를 사용하였다.

2. 공시체 제작

가. 콘크리트 배합

포장재료로 사용할 흙의 최적 함수비를 고려하고, 다짐의 편의성과 강도를 고려한 최적의 배합을 위하여 흙은 노건조 상태의 것을, 골재는 표면건조포화상태의 것을 사용하였고, 예비 실험을 통해 적절한 강도와 내구성 및 경제성을 가지도록 흙을 100% 사용한 control과 골재를 각각, 10%와 20%, 고화재를 10%와 20%, 섬유를 0.1%와 0.3% 씩 변화시킨 9종류의 배합으로 하였으며, 포장재료의 혼합은 각 재료들의 특성을 고려하여 흙, 골재와 고화재를 잘 섞은 후 물을 첨가하여 혼합한 후 망사형의 폴리프로필렌 섬유를 첨가하여 다시 혼합하였다.

나. 공시체 제작 및 양생

공시체 제작은 D-2 Type의 다짐에너지를 고려하여 3층으로 나누어 각층 사이의 분리가 생기지 않고 충분한 다짐이 되도록 제작하였으며, 제작 즉시 탈형하여 소정의 기간동안 온도

20±3℃, 습도 70%의 실험실에서 기건 양생하였다.

3. 시험 방법

시험은 다음과 같이 KS에 규정된 방법에 준하여 재령 28일에 측정하였으며, 3회 반복 시험한 것의 평균값을 실험 결과치로 하였다.

가. 압축강도시험은 $\phi 100 \times 200\text{mm}$, 휨강도시험은 $60 \times 60 \times 240\text{mm}$ 의 시험체를 제작하여 KS F 2405 (콘크리트의 압축강도 시험방법)와 KS F 2408 (콘크리트의 휨강도 시험방법)에 준하여 각 강도를 측정하였다.

다. 투수시험은 $\phi 100 \times 100\text{mm}$ 의 시험체를 제작하여 KS F 2322(흙의 투수 시험 방법)에 규정된 방법에 준하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

가. 압축강도

재료의 역학적 특성을 나타내는 압축강도는 각종 구조물의 설계 기준이 될 뿐만 아니라 인장강도, 휨강도, 탄성계수 등을 추정 할 수 있는 기초자료가 된다. 각 배합비에 따른 재령별 압축강도를 비교하면 Fig. 1과 같다.

고화토의 압축강도는 배합비와 재령에 크게 의존되었으며, 재령 7일의 경우 26.9~40.4 kgf/cm²의 범위로 나타났고, 재령 28일의 경우에는 41.3~87.9 kgf/cm²의 범위로 나타났으며, 재령 91일의 경우에 58.7~91.3 kgf/cm²의 범위로 나타났다.

고화토의 재령 28일의 경우에는 재령 7일의 압축강도에 비해, 골재량이 10%에서 20%로 증가함에 따라 1~51%의 강도증가를 나타냈고, 고화재가 10%에서 20%로 증가함에 따라 23~84% 크게 나타났으며, 섬유가 0.1%에서 0.3%로 증가됨에 따라 3~19% 크게 나타났다. 또한, 재령 91일의 경우, 재령 28일의 압축강도에 대해 골재량이 10%에서 20%로 증가함에 따라 4~54%의 강도증가를 나타냈고, 고화재가 10%에서 20%로 증가함에 따라 49~69% 크게 나타났으며, 섬유가 0.1%에서 0.3%로 증가됨에 따라 3~41% 크게 나타났다.

또한, 재령 7일에 대한 28일의 강도증가가 재령 28일에 대한 재령 91일의 강도증가 보다 크게 나타나 강도에 대한 초기재령에 있어서의 영향이 크게 나타났다.

재령에 따른 압축강도가 골재, 고화재, 섬유의 첨가량이 많을수록 크게 나타난 이유는 골재의 증가에 따른 상대적인 고화재의 양이 증가되었기 때문이며, 섬유의 양이 증가되면 토립자 사이에 섬유로 인한 구속력이 증가되기 때문이라고 생각된다.

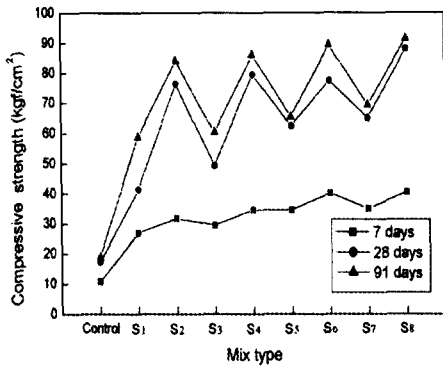


Fig1. Compressive strength vs. mix type

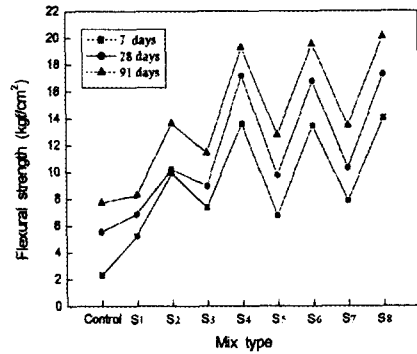


Fig2. Bending strength vs. mix type

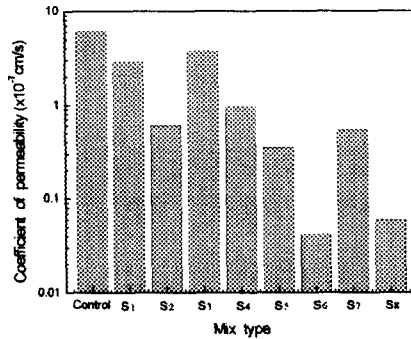


Fig. 3. Coefficient of permeability

나. 휨강도

각 배합비에 따른 포장재료의 휨강도 시험결과를 나타내면 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 재령 7일 휨강도의 경우 5.2~13.9 kgf/cm²로, 재령 28일의 경우는 6.8~17.2 kgf/cm²의 범위로 나타났으며, 재령 91일의 경우에는 8.2~20.0 kgf/cm²의 범위로 나타나, 재령 91일의 강도는 재령 28일의 강도에 비해 12~33% 크게 나타났다.

또한, 재령 28일의 경우, 골재량이 10%에서 20%로 증가함에 따라 0.6~64%의 강도 변화를 나타냈으며, 고화재량이 10%에서 20%로 증가함에 따라 49~91%의 강도 증가를 나타냈고, 섬유량이 0.1%에서 0.3%로 증가됨에 따라 3~67%의 강도증가를 나타냈으며, 재령 91일의 휨강도는 골재량이 10%에서 20%로 증가함에 따라 4~54%의 강도 증가를 나타냈으며, 고화재량이 10%에서 20%로 증가함에 따라 41~64%의 강도 증가를 나타냈고, 섬유량이 0.1%에서 0.3%로 증가됨에 따라 2~41%의 강도증가를 나타냈다.

또한, 재령 7일에 대한 28일의 강도증가가 재령 28일에 대한 91일의 강도증가보다 대체적으로 크게 나타나 초기재령에서 강도증가가 크게 나타났다.

각각의 재령에 대한 휨강도는 고화재, 골재, 섬유 첨가량이 많을수록 크게 나타났는데, 이러한 이유는 골재의 증가에 대한 상대적인 고화재 양의 증가와 섬유가 토립자 사이의 구속력을 증가시켰기 때문이라고 생각된다.^{2,3)}

다. 투수계수

포장재료의 투수계수는 동결융해에 대한 저항성에 영향을 미치는 중요한 요인이 된다. 포장재료의 투수계수를 나타내면 Fig. 3과 같다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 포장재료의 투수계수는 골재와 고화재의 첨가량이 증가할수록 작아지고 섬유의 첨가량이 증가할수록 커지는 경향을 나타냈는데, 이러한 이유는 고화재의 첨가로 인한 흡입자 내부의 미세공극충진과 고화재의 수화반응에 따른 에트링자이트의 생성으로 흡입자를 치밀하게 하였기 때문이라 생각된다⁵⁾. 포장재료의 투수계수는 $4.163 \times 10^{-9} \sim 2.905 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 의 범위로 control의 투수계수 $6.151 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 에 비해 100배 이상 아주 작은 값을 나타내므로 경작로에 사용시, 동결융해에 대한 저항성이 커 내구성이 우수한 포장재료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결 론

경작로의 흙과 고화재, 천연골재, 망사형의 폴리프로필렌 섬유 등을 사용한 포장재료의 강도와 투수계수에 대한 시험결과는 다음과 같다.

1. 압축강도 및 휨강도는 재령 7일, 28일, 91일의 경우, 골재, 고화재, 섬유의 첨가량이 증가할수록 크게 나타났으며, 특히, 고화재의 첨가량에 대한 강도증가가 골재와 섬유의 첨가량에 비해 크게 나타났다.
2. 포장재료의 투수계수는 골재와 고화재의 첨가량이 증가할수록 작게 나타났고, 섬유의 첨가량이 증가할수록 크게 나타났으며, S₆에서 $4.163 \times 10^{-9} \text{cm/s}$ 로 다른 포장재료에 비해 투수계수가 가장 작게 나타났다.
3. 포장재료에서 고화재와 자갈 첨가량의 증가는 강도의 증진효과를 얻을 수 있으나, 섬유의 증가는 현장 시공시 섬유의 뭉침 현상으로 인해 강도 및 기타 성능을 저하시킬 수 있기 때문에 현장 배합시 세심한 주의가 요망된다. 따라서, 이를 만족하는 S₆의 배합비를 사용하면 자연 친화형 기계화 경작로를 만들어 주변 환경과의 조화를 이루는 경작로를 시공할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 도덕현, 1979, 첨가제에 의한 Soil-cement의 성질개량, 한국농공학회지, 21(1) : 63~77
2. 성찬용, 1997, 왕겨재 콘크리트의 개발 및 그 공학적 성능에 관한 실험적 연구, 한국농공학회지, 39(5) : 55~63.
3. 성찬용 외 1인, 1998, 벧짚재 콘크리트의 물리·역학적 특성, 한국농공학회지, 40(4) : 37~44.

4. Catton, M. D., 1959, Early soil-cement research and development, Journal of the Highway Division, ASCE : 1~16
5. Wolfgang Czernin., 1980, Cement chemistry and physics for civil engineers, Wiesbadener Graphische Betriebe GmbH : 10~17.