

SBR 라텍스 첨가한 흙시멘트 혼합재료의 공학적 특성

Engineering Properties of Soil Cement with SBR Latex

황성도* · 이용수** · 이재학*** · 양성린**** · 박진희*****

Hwang, Sung Do · Lee, Yong Soo · Lee, Jae Hak · Yang, Sung Lin · Park, Jin Hee

1. 서 론

도시화와 산업화에 따라 소비수준이 향상되고 생활양식의 다양화가 이루어져 도로망 확충에 있어서도 우리의 생활주변 모든 장소에서 이용이 편리한 도로 포장에 요구되고 있다. 그러나 기존의 포장 방법들은 자연 생태계 파괴, 태양 복사열에 의한 피해, 콘크리트, 아스팔트 표층의 파손 잔해와 같은 2차 공해물질의 발생, 자연경관 훼손 등의 자연 환경성의 결여라는 단점들을 가지고 있다. 또한 기존의 도로 포장에 강도 면에서는 우수하지만 균열 또는 파괴 시 보수 보강이 어렵고 미관상으로도 좋지 않은 단점 때문에 미국과 캐나다 등지에서는 대단위 도로포장용 소재로 흙시멘트를 사용하고 있다.(HRB, 1961; PCA, 1978) 흙시멘트를 이용할 경우 자연토와 마사토를 이용하기 때문에 시공비가 경제적이고 시공이 간단하고 신속할 뿐만 아니라 장기간 고화가 지속됨에 따라 강도가 상승을 하게 되고 산, 알칼리에 대해 강한 내구성을 가지게 된다. 또한 자연토 색상을 지니고 있고, 태양복사열을 배제하기 때문에 자연 환경 친화성이 우수하며 현장 흙을 사용함에 따라 자연자원 이용성을 높이고, 퇴화 후 자연토로 환원되어 공해 방지와 환경보전의 이점이 있다.

흙시멘트는 기존의 도로포장에 비하여 큰 강도를 가지지 못하였기 때문에 흙시멘트의 강도 증진을 위하여 특수한 혼합재료를 이용하는 연구도 활발히 진행되었다. 현재 일본에서는 여러 가지 고화제가 개발되어 사용되고 있으며, 최근에는 국내에서도 몇 가지 제품이 개발되어 사용되고 있다.

흙시멘트에서 시멘트가 물과 함께 흙과 혼합되어 다져지면, 흙에서 수화 과정과 화학적 변화가 발생한다. 이 혼합물은 내구성과 우수한 하중 분산 능력을 가지기 위해 수화반응과 함께 견고해지게 되고, 이때 미세균열을 발생시키는 재료의 수축도 진해가 된다.

이 논문은 흙시멘트 포장의 균열에 대한 저항성을 높이기 위하여 LMC(Latex Modified Concrete)용으로 많이 사용되고 있는 SBR 라텍스(Styrene-Butadiene Rubber Latex)를 첨가한 흙시멘트 혼합물의 실내 실험을 통해 흙시멘트 포장의 공학적 특성을 분석한다.

2. 라텍스 특성

라텍스 개질 콘크리트는 타설 시 시멘트 입자의 수화작용과 더불어 폴리머 필름막을 형성하고 이러한 폴리머 필름막이 굳은 콘크리트의 인장강도 및 부착성능을 향상시키는 역할을 수행하게 된다. 시멘트 수화 반응에 의해 물이 감소함으로 인해 시멘트 수화물에 있는 폴리머 입자는 연속적인 필름 또는 막과 합쳐지고, 필름과 막은 폴리머 면이 시멘트 수화면을 통과하여 스며들어 단일체의 조직을 형성함과 동시에 시멘트 수

* 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 책임연구원 · 공학박사(E-mail : sdhwang@kict.re.kr)

** 정회원 · 한국건설기술연구원 지반연구실 책임연구원 · 공학박사(E-mail : yslee@kict.re.kr) -발표자

*** 정회원 · 한화건설 · 공학석사

**** 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 연구원 · 공학석사

***** 비회원 · 에코이앤지(주) · 대표이사

화물을 감싼다. 인장응력 하에서 라텍스는 미세균열 사이에 다리역할을 수행하여 접합력을 높이고 외부하중과 환경의 영향 하에서 미세균열의 전파를 억제한다. 콘크리트 내에서의 이러한 라텍스의 거동으로 인해 콘크리트의 불투수성, 내구성 그리고 강도 특성에 있어 상당한 개선을 보인다.

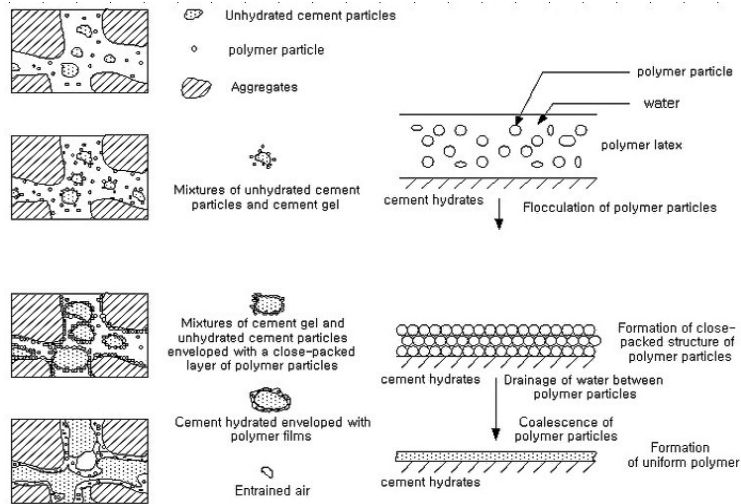


그림 1. 폴리머 시멘트 콘크리트의 구조

3. 실험재료 및 방법

이 실험에 사용된 흙은 화강토이고, 시멘트는 포틀랜드시멘트이다. SBR 라텍스는 스티렌 모노머(Styrene Monomer)와 부타디엔 모노머(Butadiene Monomer)를 유화 중합시킨 것이다. 표 1은 흙시료의 기본적인 특성을 나타내고 있으며, 표 2는 라텍스의 기본적인 특성을 나타내고 있다.

이 실험은 SBR 라텍스의 첨가에 따른 흙시멘트 혼합물의 강도에 대한 실내시험을 통해 역학적 특성을 분석특성다. 이 실험에서 흙시멘트에 혼합될 시멘트 함량으로 결정 된 3%, 5%에 대해 SBR 라텍스의 첨가대 한율을 0%, 1%, 2%, 3%로 하성다. 시멘트 함량 3%, 5%에 대한 OMC(Optimum Moisture Content)를 찾기 위하여 다짐 시험을 수행하였고, 흙시멘트 혼합물의 압축 강도 특성을 평가하기 위하여 재령일 7일, 14일, 28 일에 대하여 상온(21℃)에서 일축압축강도 시험을 수행하였다.

표 1. 흙의 기본적인 특성

구 분	입도시험 #200 통과율 (%)	비중	최적함수비(%)	최대건조밀도(g/cm ³)	통일분류
화강토	0.45	2.65	8.1	2.04	SW

표 2. SBR 라텍스의 기본성질

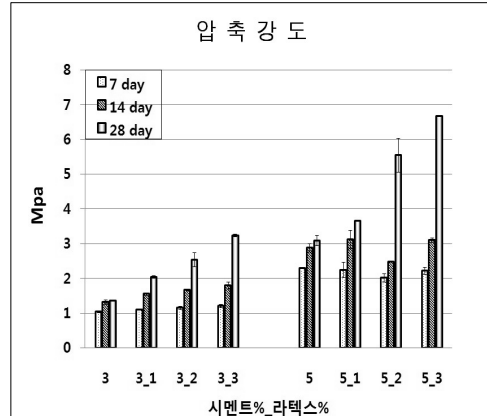
종 류	pH	표면장력 (dyne/cm)	점도(cps)	고형분함량(%)	비중
스티렌-부타디엔 공중합체 (Styrene-Butadiene Copolymer)	10.5	30.5	180	47.1	1.017

4. 실내 일축압축강도 결과

시멘트와 SBR 라텍스 함량 별 재령일 일축압축강도는 표 3과 같다. 표에서 일축압축강도는 각 시험 조건에 대하여 2회씩 실험을 실시하여 구한 값을 평균한 것이다.

표 3. 시멘트와 라텍스 함량 별 압축강도와 재령에 따른 일축압축강도

시멘트%_라텍스%	평균 일축압축강도(KN/m ²)		
	7일	14일	28일
3	1.05	1.32	1.36
3_1	1.10	1.55	2.04
3_2	1.16	1.66	2.54
3_3	1.21	1.80	3.24
5	2.29	2.87	3.09
5_1	2.24	3.11	3.66
5_2	2.01	2.47	5.55
5_3	2.22	3.10	6.68



표에서 알 수 있듯이 라텍스 함량이 늘어날수록 압축강도가 증가하였고, 7일과 14일보다 28일 압축강도의 증가가 더욱 큰 것으로 나타났다. 라텍스가 첨가되지 않은 공시체의 경우 7일, 14일, 28일 강도에서 큰 차이가 없었지만 라텍스 함량이 증가할수록 재령일에 따른 강도의 차이가 현저히 증가하였다.

그림 2는 각각 라텍스가 첨가되지 않은 공시체의 압축강도를 100%기준으로 했을 때의 7일, 14일, 28일 압축강도를 상대 비교한 것이다. 그림 2에서 시멘트 3%의 경우 라텍스 함량에 따라 압축강도가 순차적으로 증가하며 라텍스 3% 공시체에서 15%의 압축강도 증가가 나타났다. 하지만 시멘트 5%의 경우 라텍스가 첨가된 배합에서 오히려 적은 압축강도가 발현되었다. 14일 결과에서는 시멘트 3%의 경우 라텍스 함량 3%에서 2.45배의 높은 압축강도의 증가가 나타났고, 시멘트 5%에서는 라텍스 함량 2%를 제외하고 1%와 3% 모두 8%의 압축강도 증가가 있었다. 28일 결과에서 시멘트 3%와 5% 모두 라텍스 함량에 따른 28일 압축강도의 증가가 일정하게 나타났고, 각각 라텍스 함량 3%에서 2.4배와 2.2배의 높은 압축강도를 보였다.

종합하면, 시멘트 3%의 경우 7일, 14일, 28일 모두 라텍스 첨가에 따른 압축강도의 증가가 나타났지만, 시멘트 5%의 경우에는 7일, 14일에서는 경향이 보이지 않고 28일 강도에서 차이가 나타났다. 이는 수화반응이 완료되면서 흡시멘트 공시체가 안정이 되는 28일 전에는 시멘트 함량의 증가에 따른 시멘트의 영향이 라텍스보다 컸기 때문인 것으로 예측된다.

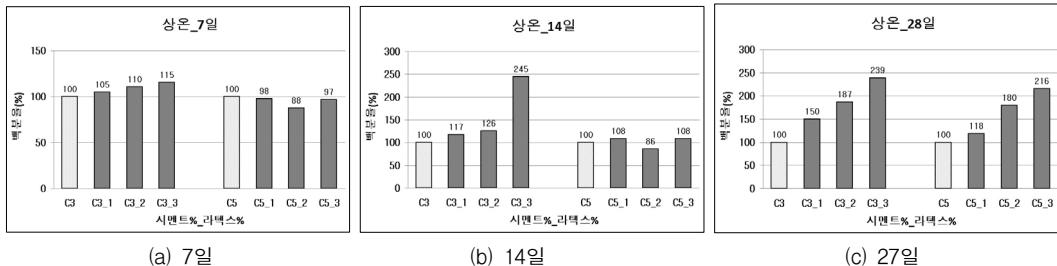
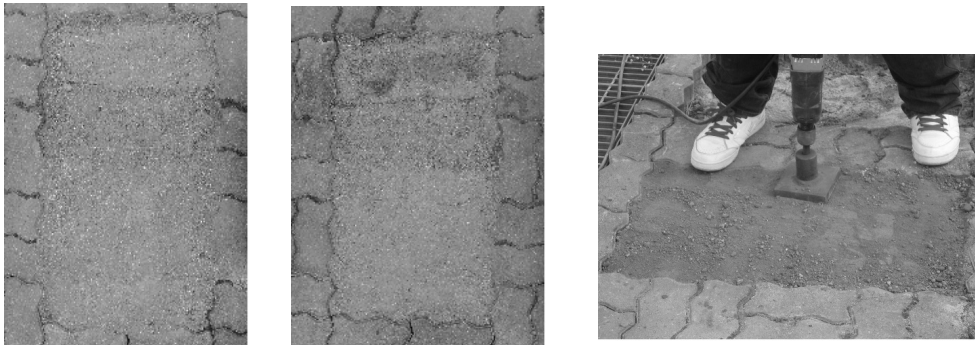


그림 2. 시멘트와 라텍스 함량에 따른 압축강도 비교

5. 현장 시험 결과

이 재료의 흙 포장 특성을 분석하기 위하여 현장시험시공을 실시하였다. 시험시공의 편리성을 확보하기 위하여 시멘트와 라텍스 혼합비율은 고정하였다. 현장의 크기는 가로×세로×높이가 66cm×77cm×6cm이며, 다짐은 포터블 진동다짐기를 사용하였다. 시험결과 7일 경과 후 흙시멘트 포장은 표면이 부스러지면서 포장체의 강도가 미흡하다, 반면 SBR 라텍스 흙시멘트 포장은 표면은 매끄럽게 되었으며 강도도 일반 흙시멘트 포장보다 크게 나타났다.



(a) 흙 시멘트 포장

(b) SBR 라텍스 흙시멘트 포장

(c) 현장다짐장면

그림 3. 현장시험

6. 결 론

흙시멘트 혼합물의 압축 강도 특성을 평가하기 위한 일축압축강도 시험을 수행한 결과, 시멘트 함량 3% 보다는 5%에서 더 큰 압축강도를 보이는 전형적인 결과가 나타났다. 모든 배합에 대해서 시간 경과에 따라 압축강도가 증가하였고, 강도의 증가는 라텍스 2%와 3%의 28일에서 두드러졌다. 현장시험결과, 흙시멘트 포장은 표면이 부스러지면서 포장체의 강도가 미흡하다, 반면 SBR 라텍스 흙시멘트 포장은 표면은 매끄럽게 되었으며 강도도 일반 흙시멘트 포장보다 크게 나타났다. 따라서 SBR 라텍스 혼합재료는 흙 포장으로 공학적 특성도 만족하며 친환경적 포장으로 적용가능하다.

참고 문헌

1. 김승곤, 김우진, 강희복, 김종렬(2006), “흙시멘트의 공학적 특성에 관한 연구”, 2006 대한토목학회 정기학술 대회, pp.1657-1660.
2. 김병일, 김영옥, 이승현(2002), “NSC를 첨가한 흙시멘트의 일축압축강도”, 한국지반공학회 논문집, 제 18권 제 4호, pp.159-165.
3. 이주형, 정원경, 김동호, 이봉학, 원치문, 이정호(2000), “라텍스 혼입에 따른 LMC의 동결융해 저항특성평가”, 가을학술발표회 논문집, pp.497-502.
4. AASHTO(1993), “Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture-Induced Damage”, AASHTO Designation : T283-89
5. Dvidson, D. T., G.L Pitre and K. P. George(1972), “Moisture Strength and Compaction Characteristics of Cement Treated Soil Mixtures”, H. R. B. Bull, p.353.
6. Kevin J. Gaspard, Louay N. Mohammad, Zhong Wu(2003), “Laboratory Mechanistic Evaluation of Soil Cement Mixtures with Fibrillated-polypropylene-fibers”, 82th Annual Meeting, Transportation Research Board, January 12-16, 2003, pp.1-21.