

아스콘 채움재용 폐유리 미분말 개발 및 현장 적용 평가

A Development of Recycled Glass Powder using Asphalt Concrete Filler and Evaluation of Practical Use at the Field.

류득현* · 전준영** · 조신행*** · 전순제****

Ryu, Deug Hyun · Jeon, Jun Young · Jo, Shin Haeng · Jun, Soon Je

Abstract

This is a research for evaluated recycled glass powder to add asphalt concrete filler. To make a comparative study, Mechanical performance of lime stone and slag dust Mixtures was evaluated according to test procedure. Lab. performance tests included marshall stability, indirect tensile strength, resilient modulus and wheel tracking. Water resistance tests were evaluated by marshall strength ratio and tensile strength ratio. In conclusion, Results of mechanical performance showed that recycled glass powder mixtures were equivalent to conventional mixtures. Especially, result of tensile strength ratio tested recycled glass powder mixtures was superior to conventional mixtures.

Keywords : recycled glass powder, asphalt concrete filler, resilient modulus

요 지

본 연구는 폐유리 미분말의 아스콘용 채움재로서의 성능을 평가하기 위해서 수행되었으며, 상대적인 특성을 평가하고자 현재 국내에서 아스콘용 채움재로 많이 사용되고 있는 석회석분과 제강 더스트 혼합물의 물리적 성능을 비교 평가하였다. 실내 공용성은 마찰 안정도, 간접인장강도, 회복탄성계수, 휠트래킹 시험을 수행하였고 수분에 대한 저항성은 마찰 잔류안정도와 수분민감도 시험을 통해서 평가하였다. 이상의 실내 실험을 통해서 폐유리 미분말을 채움재로 첨가한 혼합물은 기존의 제품인 석회석분, 제강 더스트 혼합물과 동등한 성능을 발휘하는 것을 확인하였고, 수분 민감도의 경우에는 폐유리 미분말 혼합물이 가장 높은 저항성을 나타내고 있는 것을 확인하였다.

핵심용어 : 폐유리 미분말, 아스콘용 채움재, 회복탄성계수

1. 서 론

국내 도로 총 연장은 2005년 기준으로 약 102,293km에 달하고 있으며, 총 연장의 77%가 포장도로로 이루어져 있다. 이 중에서 아스팔트 포장은 고속도로의 40%, 일반국도의 90% 이상을 차지하는 등 콘크리트 포장에 비해 보편화되어 있다. 이러한 국내 도로 상황을 고려할 때 아스팔트 보수 및 재포장 물량이 매년 상당량 발생될 것으로 판단된다. 아스팔트 포장 재료는 간단하게 골재, 아스팔트, 채움재로 구성되며 혼합물 종류에 따라 채움재의 양이 다르지만 일반적으로 혼합물 총중량의 3~5%가 투입되는 것으로 보고되고 있으며 도로 포장의 경우 국가 발주량이 많은 것을 고려한다면 국가 예산의 많은 부분이 채움재 사용으로 집행되고 있다.

하지만, 국내에서 사용되고 있는 아스팔트 혼합물 채움재는 종류가 다양하지 않으며 특히 산업 부산물로 사용되는 제품의 경우 판매 가격은 저렴한 반면 품질 변동이 커서 아스팔트 혼합물 적용에 신중하게 고려되

* 유진기술연구소 소장 · 031-969-6952(E-mail:lionyu@eugenes.co.kr)

** 유진기술연구소 수석연구원 · 031-969-6952(E-mail:jjy@eugenes.co.kr)

*** 정희원 · 유진기술연구소 연구원 · 031-969-6952(E-mail:jerryajo@eugenes.co.kr)

**** 정희원 · 유진기술연구소 연구원 · 031-969-6952(E-mail:godonme@eugenes.co.kr)

어야 하는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 채움재의 다양성을 확보하기 위한 일환으로 산업 부산물로 발생되는 폐유리를 수거한 후 분쇄 과정을 통해 얻어진 미분말을 아스팔트 혼합물 채움재로 적용하고자 하며 기존 채움재와 동등한 품질을 나타낸다면 가격 경쟁면에서 우수한 제반 여건을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 실내 실험 결과 분석

2.1 실험계획

폐유리 미분말의 아스팔트 콘크리트용 채움재로서의 적용성을 평가하고자 실내 내구성 실험을 실시하고자 하며, 평가될 모든 실험은 석회석분, 제강 더스트, 폐유리 미분말을 채움재로 사용하여 모든 조건이 동일한 상태로 시료를 제작하고자 한다. 아래 그림 1은 실험 계획의 세부절차를 나타낸 것으로 강도 특성 평가, 현장 차량하중 저항성 평가, 수분 민감성 평가의 3항목으로 나누어 실시하고자 하며, 강도 특성 평가 및 현장 차량하중 저항성 평가를 위해서 사용될 시험인 간접 인장강도 시험과 회복 탄성계수 시험의 경우 저온에서 고온까지 다양한 온도에서의 강도를 구하여 신뢰성 높은 실내 물성을 평가하고자 한다. 그림 2는 제작 시료에 적용될 입도로 밀입도 13mm의 중앙입도를 적용하고자 한다.

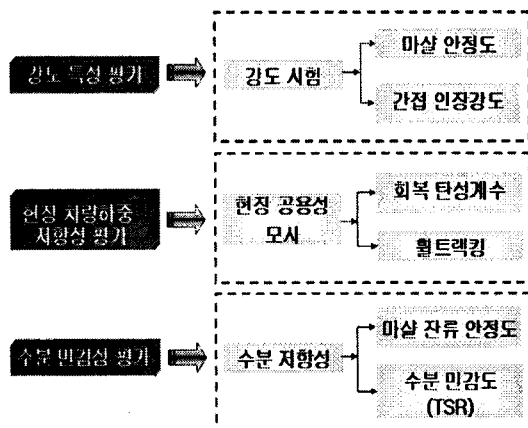


그림 1. 실내 실험 계획 절차

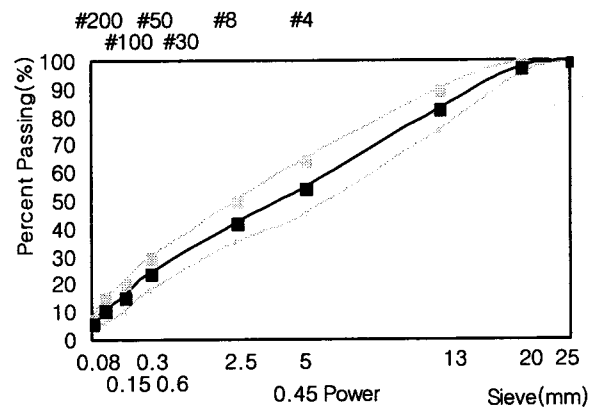


그림 2. 적용 입도 그래프

2.2 실험결과 분석

2.2.1 강도 특성 평가

혼합물의 강도 특성을 평가하고자 마찰 안정도와 간접인장강도를 측정하였다. 마찰 안정도의 경우 그림 3과 같이 KS 기준(7500N) 대비 석회석분(189%), 제강 더스트(181%), 폐유리 미분말(186%)의 증가를 보였으며, 흐름값은 모든 시료에서 KS 기준을 만족하였다. 마찰 안정도와 흐름값의 결과만으로 폐유리 미분말 시료의 실내 내구성을 평가하는 것은 무리가 있을 수 있지만, 폐유리 미분말을 첨가한 공시체가 기존 제품인 석회석분, 제강 더스트 제품과 비슷한 결과를 나타내고 있으므로 현장에 포설할 경우 일정 수준 이상의 품질은 나타낼 것으로 판단된다.

그림 4는 온도별 공시체의 간접인장강도 평균값을 보여주고 있으며, 각 온도별 간접 인장강도 발현은 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 단지, 40℃, 25℃ 환경에서만 제강 더스트 혼합물이 다른 혼합물보다 강도가 우세한 것을 확인하였고 5℃, -10℃에서는 온도 저하에 따른 모든 혼합물의 강도증진은 측정되었으나, 주목할 만한 경향을 분석할 수 없었다.

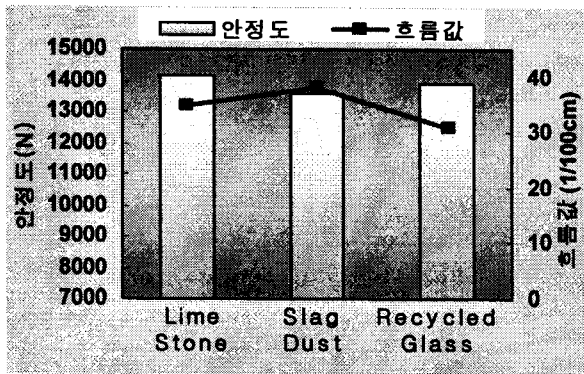


그림 3. 마샬 안정도 측정 결과

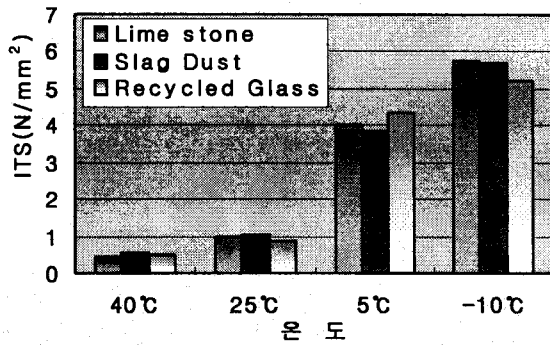


그림 4. 온도별 공시체 간접인장강도 결과

2.2.2 현장 차량하중 저항성 평가

현장 차량하중에 대한 혼합물의 저항성을 모사하기 위한 회복탄성계수 측정결과, 온도 저하에 따른 모든 시료의 회복 탄성계수가 증가하고 있음을 확인할 수 있었고 저온(5°C), 중온(25°C), 고온(40°C)의 온도 영역별 석회석분, 제강 더스트, 폐유리 미분말 시료의 회복 탄성계수가 비슷한 경향을 나타내고 있었다. 현재 석회석분과 제강 더스트는 채움재 제품으로 범용적으로 사용되고 있다. 따라서, 이러한 제품들과 대등한 회복 탄성계수를 나타내고 있으므로 차량하중에 대한 저항성에는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

그림 6은 소성변형 저항성을 모사하기 위해서 실시한 시험으로 결과에서 알 수 있듯이 제강 더스트 혼합물이 다소 높은 변형 저항성을 보이며, 석회석분과 폐유리 미분말 혼합물의 경우 비슷한 저항 성능을 발휘하는 것으로 평가되었다. 기존 연구에서 보고된 밀입도 혼합물의 동적안정도가 1000 회/mm 내·외인것을 감안한다면 측정된 모든 혼합물이 양호한 소성변형 저항성을 나타내고 있는 것으로 판단된다.

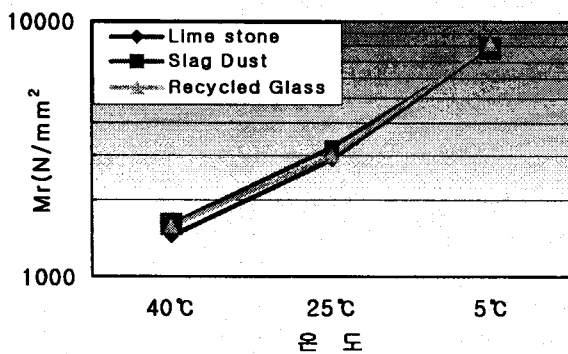


그림 5. 온도영역별 회복 탄성계수 측정 결과

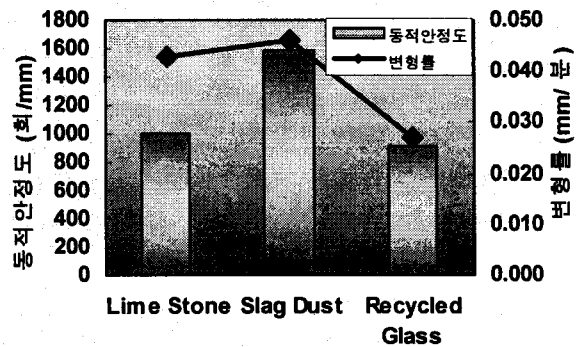


그림 6. 휠트랙킹 시험 결과

2.2.3 수분 민감도 평가

수분에 대한 저항성을 평가하고자 마샬 안정도의 강도비를 이용해서 측정할 수 있는 잔류 안정도와 간접인장강도의 강도비를 이용하여 측정할 수 있는 수분 민감도 시험을 실시하였다. 그림 7은 잔류 안정도를 측정 한 결과로 석회 석분, 제강 더스트, 폐유리 미분말 혼합물에서 KS 기준인 75%를 만족하였고, KS 기준 대비 석회 석분(117%), 제강 더스트(120%), 폐유리 미분말(115%)의 증가를 보였다. 따라서, 이 결과만으로 볼 때 3 가지 혼합물 모두 수분에 대한 저항성은 우수한 것으로 판단된다.

일반 밀입도 혼합물에 대한 수분 민감도의 국내 기준은 없으며, 그림 8에서처럼 폐유리 미분말 혼합물이 76%로 가장 높은 저항성을 발휘하고 있다.

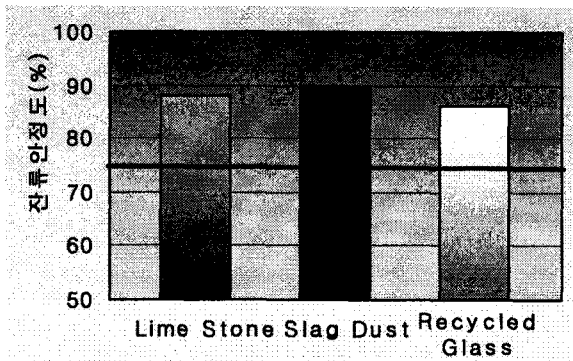


그림 7. 잔류 안정도 측정 결과 비교

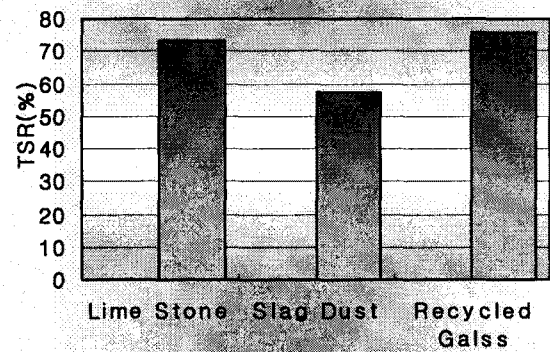


그림 8. 수분 민감도 측정 결과

3. 결론

폐유리 미분말의 아스팔트 콘크리트용 채움재로써 적용성을 평가하고자 본 연구에서는 실내 공용성을 평가하였다. 또한 혼합물에서 작용하는 채움재의 상대적인 특성을 비교하기 위해서 국내 아스팔트 콘크리트용 채움재로 많이 사용되고 있는 석회석분 및 제강 더스트 혼합물의 물성을 폐유리 미분말 혼합물과 같이 분석하였다.

1. 마찰 안정도의 경우 KS 기준(7500N) 대비 석회석분(189%), 폐유리 미분말(186%), 제강 더스트(181%)의 증가를 보였으며, 흐름값의 경우 모든 시료에서 KS 기준에 만족하는 값을 나타내고 있다.
2. 간접 인장강도는 온도별(-10, 5, 25, 40 °C)로 측정하였고 석회석분, 제강 더스트, 폐유리 미분말 시료 모두 뚜렷한 강도발현을 나타내지 않았다.
3. 회복 탄성계수는 저온(5°C), 중온(25°C), 고온(40°C)의 온도 영역에서 석회석분, 제강 더스트, 폐유리 미분말 시료 모두 비슷한 경향을 나타내고 있었다.
4. 휠트래킹 측정 결과 제강 더스트 혼합물이 다소 높은 변형 저항성을 보이며, 석회석분과 폐유리 미분말 혼합물의 경우 비슷한 저항 성능을 발휘하였다.
5. 마찰 잔류 안정도는 모든 시료가 KS 기준(75%)을 만족하였고, 간접인장강도 비(ratio)를 이용하여 구한 수분민감도(TSR)에서는 폐유리 미분말 시료가 76%로 가장 큰 저항성을 보였다.
6. 향후 수명주기비용분석을 통해 현장 공용성과 타당성이 평가되어야 한다.

참고문헌

1. 조윤호, 강장환, 김지원(2005), "화이트타핑 : 신속한 교통개발이 가능한 콘크리트 덧씌우기 공법", 도로학회지 7권 3호.
2. 박태순, 조혁기(2002), "채움재량의 변화에 따른 SBS 고분자 개질아스팔트 혼합물의 역학적 특성 평가", 대한토목학회논문집.
3. "Hot-Mix Asphalt Paving Handbook 2000", Federal Highway Administration & Federal Aviation Administration & U.S. Army Corps of Engineers, 2000.
4. Soban, K., Jesick, M., Dedominicis, E., Mcfadden, J., Cooper, K., and Roe, J., "A Soil-Cement-Fly Ash Pavement Base Course Reinforced with Recycled Plastic Fibers", 78th Annual Meeting, Transportation Research Board, Jan. 10-14, 1999.