

폐비닐 아스팔트 콘크리트 혼합물의 특성

Evaluation of Asphalt Mixtures Using Waste vinyl

김광우 · 이상범* · 도영수 · 김성운(강원대)

Kim, Kwang Woo · Li, Xiang Fan · Doh, Young Soo · Kim, Sung Un

Abstract

This study is a fundamental research for recycling waste vinyl in asphalt concrete mixture for roadway pavement. The mixing method and proper content of waste polyethylene(PE) film were determined through preliminary mix design. This study was performed mix designs using 2 type gradations of aggregate and used two types waste PE film. The asphalt concrete mixture was satisfied with the specification of the Ministry of Construction and Transportation. Its showed that dense grade asphalt concrete mixture containing waste vinyl were higher performance in comparision to other mixtures(common dense grade mixture and gap grade mixtures). From results of this study, it was confirmed that addition of waste vinyl improved on quality of asphalt concrete mixture.

1. 서론

한국자원재생공사의 자료에 의하면 2000년 5월 현재 전국 61개 재생공사 사업소 부지에는 폐비닐 재고가 무려 20여만 톤이나 된다. 또한 지난해 발생한 10만톤의 폐비닐도 4만여톤밖에 처리하지 못하고 있는 실정이다. 이와 같이 누적되는 재고량 때문에 수거를 한다 해도 사업소는 폐비닐을 보관할 부지조차 마련하지 못하고 있으며, 보관용 부지의 추가 확보도 어려운 실정이다. 그리고 폐비닐을 이용하여 만든 재활용 제품들도 소비자들에게 외면당하고 있는 실정이다. 또한 농업용 폐비닐의 수거·처리는 많은 비용이 소요될 뿐만 아니라 이로 인한 농촌지역의 환경오염도 날이 갈수록 심각해져가고 있다. 더우기 향후 농업용 비닐수요는 계속 증가될 전망이다므로 수집방법과 처리기법에 대한 획기적인 연구가 시급히 해결되지 않는 한 농촌폐비닐로 인한 농촌환경오염은 더욱 심각해질 것은 자명하다.

본 연구팀은 1차 연구를 거쳐 폐비닐이 아스팔트에 첨가시 혼합물의 성능을 향상시킬 수 있음을 입증하였다. 따라서 본 연구에서는 폐비닐을 첨가한 아스팔트 혼합물의 도로 포장재료로의 적용 가능성 여부를 판정하기 위한 폐비닐 혼합물의 특성에 관한 실험연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 사용재료

본 연구에서는 강원도 춘천시 B 아스콘회사에서 사용하는 최대치수가 19mm인 편마암골재

를 사용하였으며, 잔골재는 굵은골재를 생산하는 과정에서 발생하는 부순모래(Screenings)를 사용하였다. 혼합물은 건설교통부 19mm 밀입도 규격에 적합한 밀입도와 본 실험실에서 연구한 소성변형 저항성이 우수한 깎입도를 사용하였으며, 아스팔트는 AP-3(침입도 85-100)를 사용하였다. 폐비닐은 건조공정을 거친 것으로 한국자원재생공사의 정읍사업소에서 수거 처리된 LDPE와 HDPE 두종류를 실험 연구용으로 공급받았다.

2.2. 실험방법

배합설계는 마샬방법을 사용하였으며 배합설계를 통하여 4종류의 혼합물이 최종적으로 결정되었다. 4종류의 혼합물은 일반 밀입도 혼합물(Control), LDPE 폐비닐을 아스팔트 함량의 12% 첨가한 밀입도 혼합물(DL12), LDPE 폐비닐을 아스팔트 함량의 12% 첨가한 깎입도 혼합물(GL12), HDPE 폐비닐을 아스팔트 함량의 10% 첨가한 혼합물(GH10)이다.

폐비닐 아스팔트 혼합물의 특성을 분석하기 위하여 배합설계를 통하여 얻어진 최적 아스팔트 함량으로 공시체를 제작하고 시험규정에 따라 마샬안정도 시험, 간접인장강도 시험, 반복주행 시험, 동결 융해 저항성시험, 피로시험을 수행하였다.

반복주행시험은 아스팔트 콘크리트의 소성변형 저항성을 예측하기 위한 시험이다. 본 연구에서는 305mm×305mm×70mm의 슬래브 공시체를 공극률 4±0.5%로 맞추어 제작하였다. 제작된 공시체는 48시간 양생 후 시험온도인 60℃에서 6시간 이상 저장 후 반복주행 시험기로 시험을 수행하였다. 시험을 통하여 혼합물의 동적안정도와 최종 침하량을 구하였다. 또한 반복되는 차량하중에 의해 포장층에 발생하는 피로균열에 대한 저항성을 비교하기 위해서 피로 시험을 수행하였다. 피로시험은 Fig.1과 같이 수행하였다. 시험은 25℃에서 수평인장응력이 2 kg/cm²의 되도록 0.1초의 재하기와 0.9초 휴지기를 두어 1Hz의 주기로 하중을 재하하였다.

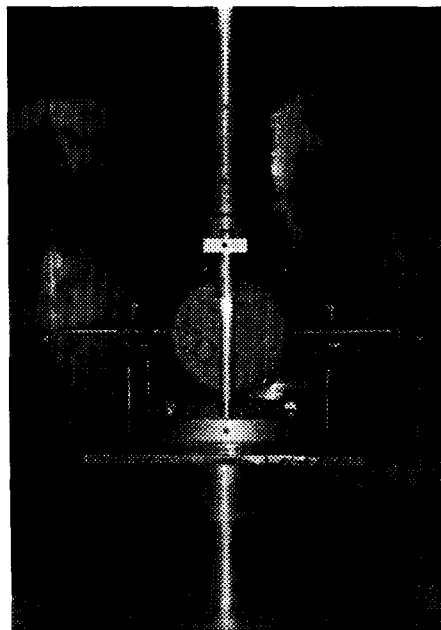


Fig. 1. Fatigue test

3. 결과 및 고찰

배합설계를 수행한 결과 모두 규정을 만족하였다. 배합설계를 통하여 결정된 최적 아스팔트 함량으로 공시체를 제조하여 마찰안정도 시험, 간접인장강도 시험을 수행한 결과는 Fig. 2와 같다.

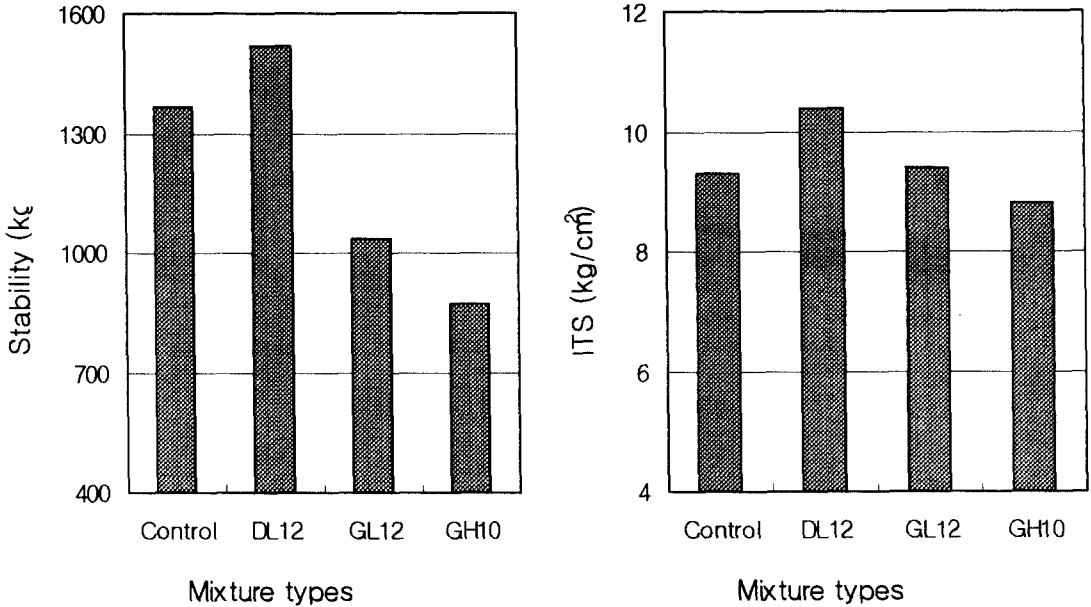


Fig. 2. 혼합물의 마찰안정도 및 간접인장강도

상기의 그림에서 알 수 있듯이 밀입도 혼합물의 경우 페비닐을 첨가한 DL12 혼합물의 마찰안정도는 약 10% 증가한 반면에 갭입도 혼합물은 마찰안정도가 Control 혼합물보다 적게 나타났으나 KS 규정을 만족하고 있다. 갭입도 혼합물의 마찰안정도가 낮은 것은 입도 특성으로 인한 것이다. 간접인장강도를 보면 DL12은 Control보다 우수하게 나타났고 갭입도 혼합물은 비슷하거나 약간 적게 나타났다.

혼합물들의 반복주행시험 후의 최종 침하깊이와 동적안정도를 Fig.3 에서 보여주고 있다. 최종 침하깊이와 동적안정도를 비교해보면 갭입도 혼합물과 페비닐을 첨가한 혼합물이 일반 밀입도 혼합물보다 월등히 우수함을 알 수 있다. 동적안정도를 비교해보면 DL12는 일반 밀입도 혼합물의 약 14배 우수하며 GL12, GH10은 일반 밀입도 혼합물의 약 50배 우수하게 나타났다.

혼합물의 동결 용해 시험결과는 Fig.4와 같다. 대체적으로 밀입도 혼합물의 동결 용해 저항성이 갭입도보다 우수하게 나타났다. 같은 밀입도 혼합물에서는 페비닐을 첨가한 혼합물이 더 우수하게 나타났다. 갭입도 혼합물에서는 1주에서는 일반 밀입도 혼합물보다 우수하게 나타났으나 동결 용해 1주와 2주 사이에서 큰 인장강도 손실을 보여주고 있는데 이에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

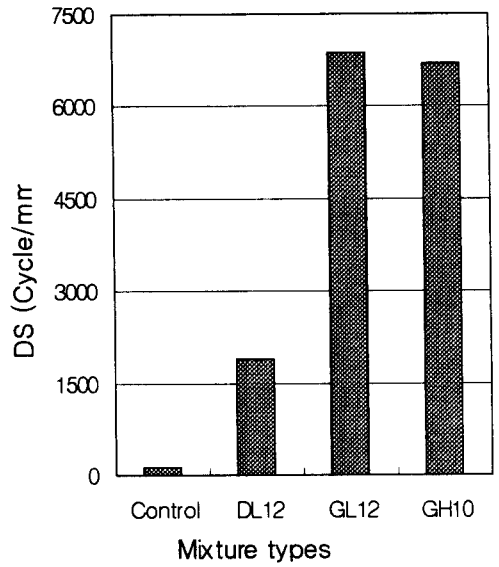
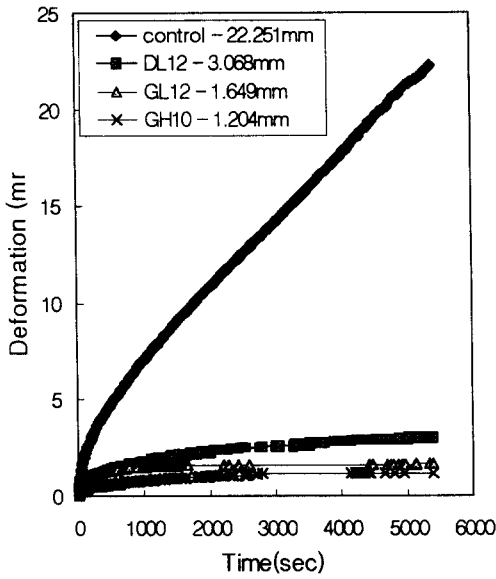


Fig.3. 혼합물의 반복주행시험 결과

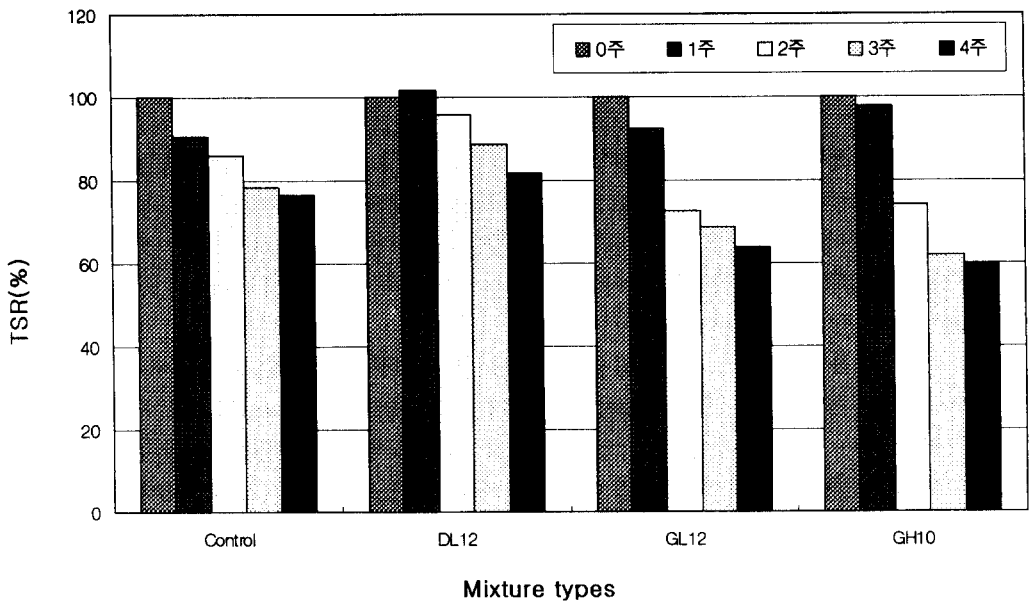


Figure 4. 동결 용해 시간에 따른 잔류 간접인장강도 비

피로시험결과를 Fig. 5, 6에서 보여주고 있다. 피로시험 결과를 살펴보면 피로수명은 DL12, GH10, GL12, Control 순으로 나타났다. GL12는 일반 밀입도 혼합물과 비슷하게 나타났고 DL12의 경우 피로수명이 일반 밀입도 혼합물의 약 5배로 나타나 피로저항성이 아주 우수함을 보여주었다.

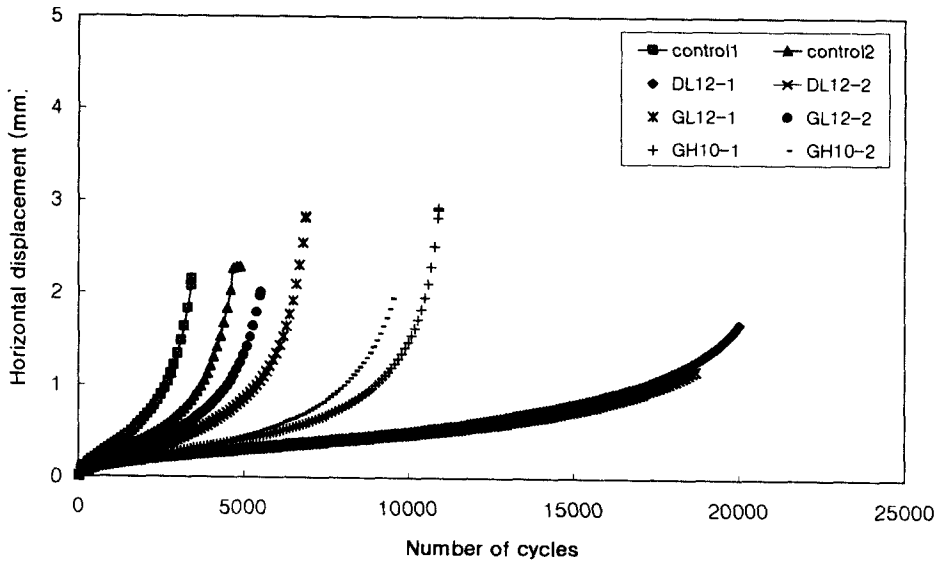


Figure 5. 혼합물 종류에 따른 피로 수평변형

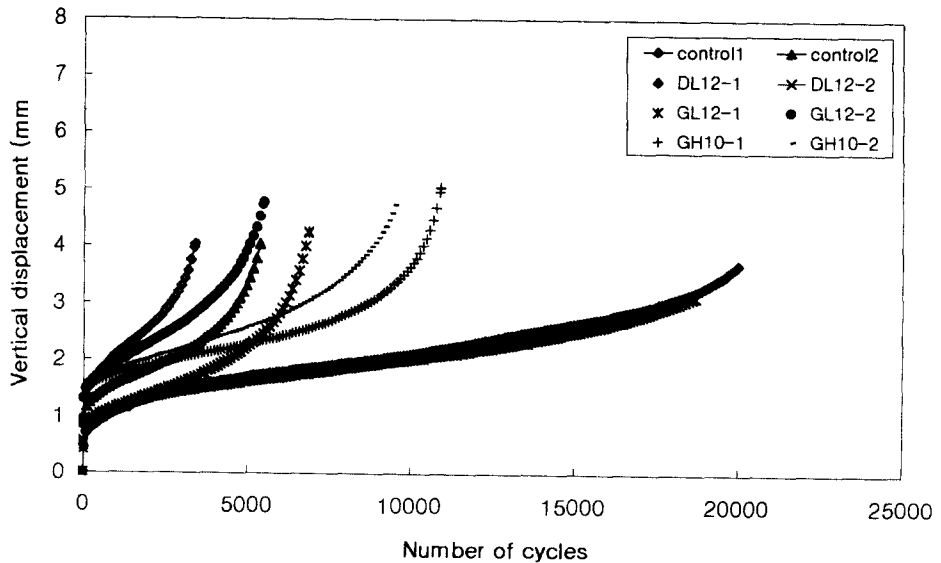


Figure 6. 혼합물 종류에 따른 피로 수직변형

4. 결론

본 연구는 문제가 되고 있는 농업용 폐비닐을 도로 포장재료의 일부로 재활용함으로써 아스팔트 혼합물의 성능 향상과 재활용으로 인한 환경보존과 자원재생 등 효과를 목적으로 수행되었다. 본 연구를 수행하기 위하여 폐비닐을 첨가한 혼합물의 배합설계를 거쳐 최적아스팔트 함량으로 혼합물의 특성을 비교한 결과 다음과 같다.

1. 배합설계를 수행한 결과 모두 규정을 만족하였다. 폐비닐을 첨가한 밀입도 혼합물은 일반 밀입도 혼합물보다 마찰안정도와 간접인장강도 모두 우수한 반면 갱입도 혼합물의 경우 마찰안정도는 일반 혼합물보다 적고 간접인장강도는 비슷하거나 약간 적게 나타났다.
2. 밀입도 혼합물의 동결 융해 저항성이 갱입도보다 우수하게 나타났다. 밀입도 혼합물에서는 폐비닐을 첨가한 혼합물이 더 우수하게 나타났다. 갱입도 혼합물에서는 시간에 따라 큰 인장강도 손실을 보여주고 있는데 이에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.
3. 반복주행 시험결과 폐비닐을 첨가한 혼합물이 입도에 관계없이 일반 밀입도 혼합물에 비하여 월등히 우수하게 나타났다.
4. 피로시험결과 폐비닐을 첨가한 밀입도 혼합물의 피로수명이 일반 밀입도 혼합물의 약 5배로 우수하게 나타난 반면 나머지 혼합물들은 큰 차이가 없이 나타났다.

향후 시험포장을 통하여 혼합물의 품질 추적조사와 실내시험 결과와의 관계규명을 통하여 실용성을 평가하여 현장 적용성을 높이는 방안에 대한 연구 및 경제성 평가에 대한 연구를 수행할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. AL Dhalaan, M. (1992), "Field Trials with Polymer Modified Asphalts in Saudi Arabia," ASTM S TP1108, Ed. by Wardlaw and Shuler, Philadelphia, PA 19103.
2. 김광우, 최영규, 조희원, (1997), "국내 폴리머를 이용한 아스팔트 혼합물의 특성," 대한 토목학회 논문집, vol. 17, No. III-2.
3. 김광우, 이상범, 오성균, 고동혁, 정승호, (1999), "농업용 폐비닐로 개질한 아스팔트 콘크리트의 배합설계," 한국 농공학회 학술발표회 논문집.
4. 김영식 등, (1997), "농업용 멀칭 폐비닐 전식 처리 공정 개발에 관한 연구," 한국자원재생공사 연구보고서
5. Newcomb, D. E., Stroup-Gardiner, M. and Epps, J. A. (1992), "Laboratory and Field Studies of Polyolefin and Latex Modifiers for Asphalt Mixtures," ASTM STP1108, Ed. by Wardlaw and Shuler, Philadelphia, PA 19103.
6. Shuler, T. S., Hanson, D. L. and McKeen, R. G. (1992), "Design and Construction of Asphalt Concrete Using Polymer Modified Asphalt Binders," ASTM STP1108, Ed. by Wardlaw and Shuler, Philadelphia, PA 19103.
7. 유진홍 등, (1994), "농업용 멀칭 폐비닐 재생공장 기계설비 정밀진단," 한국자원재생공사 연구보고서

4. 결론

본 연구는 문제가 되고 있는 농업용 폐비닐을 도로 포장재료의 일부로 재활용함으로써 아스팔트 혼합물의 성능 향상과 재활용으로 인한 환경보존과 자원재생 등 효과를 목적으로 수행되었다. 본 연구를 수행하기 위하여 폐비닐을 첨가한 혼합물의 배합설계를 거쳐 최적아스팔트 함량으로 혼합물의 특성을 비교한 결과 다음과 같다.

1. 배합설계를 수행한 결과 모두 규정을 만족하였다. 폐비닐을 첨가한 밀입도 혼합물은 일반 밀입도 혼합물보다 마찰안정도와 간접인장강도 모두 우수한 반면 갱입도 혼합물의 경우 마찰안정도는 일반 혼합물보다 적고 간접인장강도는 비슷하거나 약간 적게 나타났다.
2. 밀입도 혼합물의 동결 용해 저항성이 갱입도보다 우수하게 나타났다. 밀입도 혼합물에서는 폐비닐을 첨가한 혼합물이 더 우수하게 나타났다. 갱입도 혼합물에서는 시간에 따라 큰 인장강도 손실을 보여주고 있는데 이에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.
3. 반복주행 시험결과 폐비닐을 첨가한 혼합물이 입도에 관계없이 일반 밀입도 혼합물에 비하여 월등히 우수하게 나타났다.
4. 피로시험결과 폐비닐을 첨가한 밀입도 혼합물의 피로수명이 일반 밀입도 혼합물의 약 5배로 우수하게 나타난 반면 나머지 혼합물들은 큰 차이가 없이 나타났다.

향후 시험포장을 통하여 혼합물의 품질 추적조사와 실내시험 결과와의 관계규명을 통하여 실용성을 평가하여 현장 적용성을 높이는 방안에 대한 연구 및 경제성 평가에 대한 연구를 수행할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. AL Dhalaan, M. (1992), "Field Trials with Polymer Modified Asphalts in Saudi Arabia," ASTM S TP1108, Ed. by Wardlaw and Shuler, Philadelphia, PA 19103.
2. 김광우, 최영규, 조희원, (1997), "국내 폴리머를 이용한 아스팔트 혼합물의 특성," 대한 토목학회 논문집, vol. 17, No. III-2.
3. 김광우, 이상범, 오성균, 고동혁, 정승호, (1999), "농업용 폐비닐로 개질한 아스팔트 콘크리트의 배합설계," 한국 농공학회 학술발표회 논문집.
4. 김영식 등, (1997), "농업용 멀칭 폐비닐 건식 처리 공정 개발에 관한 연구," 한국자원재생공사 연구보고서
5. Newcomb, D. E., Stroup-Gardiner, M. and Epps, J. A. (1992), "Laboratory and Field Studies of Polyolefin and Latex Modifiers for Asphalt Mixtures," ASTM STP1108, Ed. by Wardlaw and Shuler, Philadelphia, PA 19103.
6. Shuler, T. S., Hanson, D. L. and McKeen, R. G. (1992), "Design and Construction of Asphalt Concrete Using Polymer Modified Asphalt Binders," ASTM STP1108, Ed. by Wardlaw and Shuler, Philadelphia, PA 19103.
7. 유진홍 등, (1994), "농업용 멀칭 폐비닐 재생공장 기계설비 정밀진단," 한국자원재생공사 연구보고서