

아스콘 안전도와 효율적인 재활용 방안에 관한 연구

허성관 · 권택진

A Study the Recucling Method and Safety of Ascon
Sung-Kwan Huh, Tack-Jin kwon

요약 본 논문에서는 산업폐기물인 페아스콘을 산업자원으로 재활용하기 위해 플랜트 설비면에서는 2중드라이어 구조를 개발하였고 이 설비를 바탕으로 페아스콘의 혼합비율에 따른 안전도 및 경제성분석을 실시하였다.

다양한 혼합비율에 따른 연구분석 결과, 페아스콘 사용량이 35%에서 흐름값, 안정도, 공극률, 밀도 및 수분 취약성이 충분한 안전도를 가지는 것으로 나타났다. 다만 간접인장강도가 다소 기준치에 못미치나 근소한 차이이기 때문에 문제가 되지 않는다고 판단된다. 이 기준에 적합하게 사용될 때 설비투자에 대한 경제성도 있는 것으로 판명되었다.

Abstract A special double drier structure at a plant level is developed to recycle old ascon as well as an economic mixture rate of old with new is analyzed under safety consideration in this thesis. Based upon the experimentations performed throughout this research, 35% of old ascon mixture is found to be the best for flow test, stability, air void, density, and moisture susceptibility.

It is also found that the mixture does not meet the requirement in indirect tensile test, However, it is concluded that it is not critical at all since the experimental results present that the difference is too small to give any meaningful indication. A good return for the investment of this facility can be obtained if the mixture rate guideline suggested in this research is kept.

1. 서론

페아스콘의 재활용방법에는 상온재생(cold recycling), 가열재생(hot rechling), 상온현장재생(cold in-place recycling) 및 전층 재활용(full depth recycling)방법 등이 있다.

최근 도로 유지 보수 비용을 줄이기 위해 덧씌우기 공법을 채택하는 과정에서 주변 도로 구조물과의 높이차 때문에 기존 노면의 절삭이 빈번함에 따라 절삭된 페아스콘이 1년에 약 4,500만 톤 정도 발생할 것으로 예상되고 있어 본 연구에서는 페아스콘을 대량으로 사용할 수 있는 가열 재생공법에 대하여 중점적으로 다루고자 한다.

현재 국내외에서 사용하는 가열재생 공법의 드라이어방식은 고온가열골재방식과 재생용 골재 전용방식이 있다. 이 방법은 가열 과정에서 페아스콘에 포함되어 있는 아스팔트가 연소, 탄화과정에서 발생하는 열화를 받아 품질저하를 가져온다. 이런 문제점을 개선하기 위하여 신규골재는 드라이어 내벽에, 그리고 페아스콘은 드라이어 외벽에 투입되도록 하는데, 드라이어 외벽에 페아스콘 투입량을 생산량에 따라 조절할 수 있도록 하는데, 드라이어 내·외벽의 온도를 감지하여 항상 적정 온도를 유지 할수 있도록 버너에 투입되는 연료의 양을 조절하는 자동 온도조절장치를 내장한 이중 드라이어 구조 방식을 제시하였다.

제시된 새로운 가열 재생 방법으로 생산할 경우 완전한 간접가열로 아스팔트 열화를 방지할 수 있어 품질을 향상시킬 수 있으며 이를 실험을 통하여 제시하고자 한다.

2. 재활용방안

1) 문제점 및 개선방법

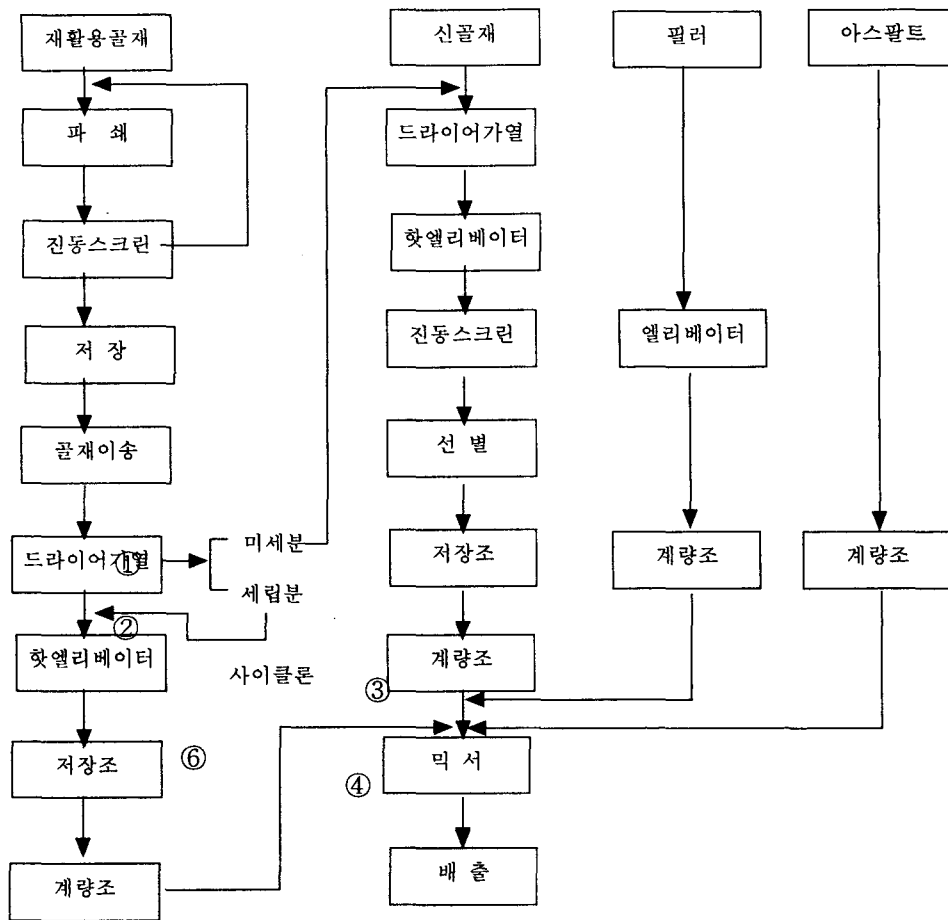
본 연구에서 취급하고자 하는 재활용아스콘 생산방법은 평면절삭한 페아스콘을 대량사용할 수 있는 플랜트재활용공법 중 골재를 가열하는 드라이어에 열센스가 부착되어 일정한 열을 가할 수 있도록 하는 온도 조절 장치와 생산량을 조절할 수 있는 격막구조가 부착된 2중 드라이어 구조를 가진 새로운 공법을 제시하고 현재공법의 문제점과 그 해결방안을 연구하고자 한다.

2) 재활용 아스콘생산 공정

페아스콘 덩어리(lump)는 표면에 흙, 먼지 등의 불순물이 묻어있고, $\phi 40\text{mm}$ 이하에서 0mm 까지의 골재와 석분 그리고 노화된 아스팔트로 굳어져 있는 불연성 고체이므로 일반적인 암석의 파쇄방식으로서의 파쇄가 어려워서 가열하여 파쇄하는 방식이 있으나, 이 방식은 페아스콘을 가열함으로써 발생하는 고열로 인하여 아스팔트 성분이 열화되므로 권장할 만한 방식이 될 수 없다. 따라서, 본 연구에서는 기계파쇄 방식을 채택하였는데 이를 위해 임팩트 해머 밀을 설치하여 $\phi 19\sim 13\text{mm}$ 와 $\phi 13\sim 0\text{mm}$ 로 재활용 골재를 생산하는 시설로 재활용 골재만으로는 소요의 강도를 얻을 수 없으므로 신골재를 적정 배합비로 첨가할 수 있게 하여 <그림 1>과 같은 재활용아스콘의 생산과 신골재를 사용하는 아스콘의 생산을 동시에 병행할 수 있는 시공방법을 채택하였다.

3) 골재 재활용

페아스콘에 포함된 $\phi 40\text{mm}$ 이하의 쇄석골재와 아스팔트 성분은 모두 불연재료로서 이들 건설폐기물 중 골재의 재사용이 무엇보다도 중요하다. 특히, 페아스콘 덩어리에는 불순물이 많이 포함되어 있으므로 수집 운반 단계에 서부터 청결을 유지해야 하며, 파쇄할 때 쇄석골재에 함유된 아스팔트 성

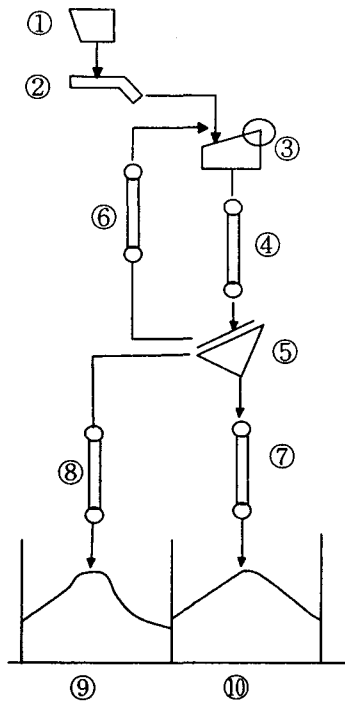


<그림 1> 재활용아스콘생산 계통도

분이 내부에 정착하는 등의 영향을 끼치게 되므로 이를 방지할 수 있도록 하고 입도의 편차를 작게 해야 할 것이다.

재생 골재의 비중, 흡수율 및 마모감량 등 물리적 성상은 신골재와 대등하나 다짐에 의한 골재의 결합 효과는 신골재만큼 기대할 수 없으므로 재활용골재와 신골재의 적정 배합이 중요한데 특히 유의해야 할 점은 다음과 같다.

첫째, 페아스콘으로부터 유의할 점은 재활용한 골재는 일반적으로 $\phi 19\sim 13\text{mm}$, $13\sim 5\text{mm}$, $5\sim 0\text{mm}$ 의 3종류로 분류하며 $\phi 19\sim 13\text{mm}$, $13\sim 0\text{mm}$ 의 2종류로 입도분류하는데, 태양열로 인한 응고의 방지, 재활용골재의 품질확보 및 작업장의 안전과 재활용골재의 함유량 변동방지 등을 고려하여 지붕시설을 설치한 것을 사용한다. 재활용골재의 생산공정은 <그림 2>와 같다.



- ① 페아스콘 호퍼
- ② 진동 피더
- ③ 임팩트 해머 밀
- ④ ⑥⑦⑧ 벨트 컨베이어
- ⑤ 진동 스크린
- ⑨ 19~13mm 재활용골재
- ⑩ 13~0mm 재활용골재

<그림 2> 재활용 골재의 생산공정

둘째, 국내에서 사용중인 페아스콘 파쇄기는 외양은 임팩트밀 크러셔(impact mill crusher)와 유사하나, 그 내부는 해머의 규격을 1/2로 축소하고 해머의 수량은 2배로 증가시켜 파쇄력을 향상시켰으며, 페아스콘 분쇄시 발생하는 세립분이 해머에 달라붙어 해머의 타격력을 감소시키는 것을 방지하고, 또 골재의 과다 파쇄로 인해 생기는 $\phi 5\text{mm}$ 이하의 세립분 발생을 방지함과 동시에 분진발생을 최소화하고 아스콘의 입도편차를 줄일 수 있도록 하였다.

또한, 페아스콘 덩어리에 함유된 아스팔트 성분이 파쇄될때 마찰력으로 인하여 용해되어 파쇄기에 접촉되는 것을 방지하기 위해 해머와 해머 사이에 분리막을 설치하여 접촉 세립분을 떨어뜨릴 수 있게 하였으며, 파쇄기의 마찰력으로 인한 온도 상승을 막기 위해 물을 분사하여 고열 발생을 억제하게 하는 특징이 있는 특수제작 한 것이며 이로부터 재활용한 골재는 품질에 아무런 이상이 없다.

3. 새로운 아스콘 재활용공법

여기서 제시한 새로운 아스콘 재활용 공법은 2중구조 드라이어 방식으로 드라이어 외벽에 조절용 격막을 설치하여 재활용골재투입 비율에 따라 격막조정이 가능하다. 특히 드라이어 내벽에 신골재를 투입하고 드라이어 외벽에 재활용골재를 투입하도록 고안한 것이다. 또한, 드라이어 외측의 경사각도도 조절할 수 있도록 하였으며 드라이어 내 외벽의 온도를 자동적으로 감지하여 적정 온도가 유지되도록 버너에 투입되는 연료의 양을 자동조절할 수 있도록 한 구조를 가지고 있다. 이것은 기존의 국내외 아스콘 드라이어 시스템보다 경제적이고 품질의 안전성을 높인 설비이며 초기설비투자가작은 이점을 가지고 있다.

이 공법의 주요한 특징과 구조를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 조절용 격막을 이용하여 재활용골재의 투입량을 조절하여 신골재와 재활용골재가 규정된 혼합비율대로 자동적으로 혼합기에 도달하도록 생산 지연시간을 없애 생산성 향상을 도모할 수 있다.

둘째, 2중구조 드라이어 방식을 채택함으로써 기존 드라이어를 그대로 사용하며, 재활용골재 저장용 싸이로가 필요 없어 초기 설비투자비용이 재활용 골재 전용 드라이어 방식에 비해 적게 든다.

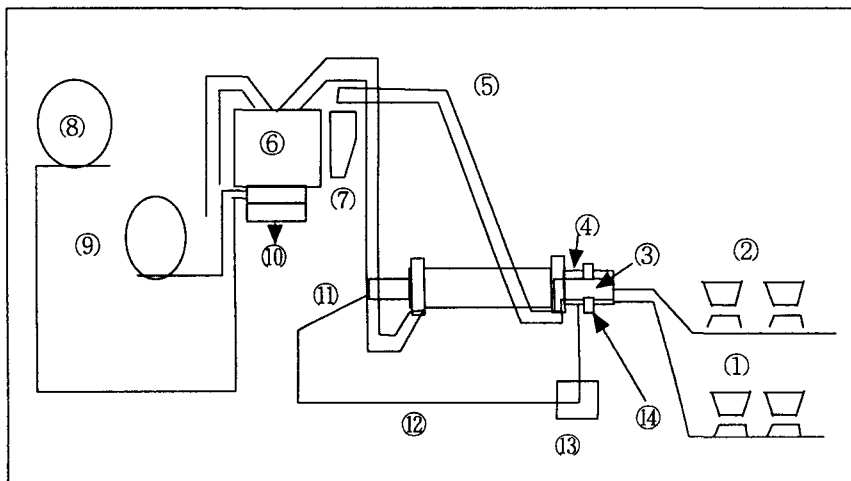
셋째, 재활용골재 전용 드라이어 방식에 비해 기존 버너만 사용하므로 연료절감 효과가 크다.

넷째, 자동온도조절장치로 적정온도를 항상 유지하여 골재의 과열을 방지할 수 있다.

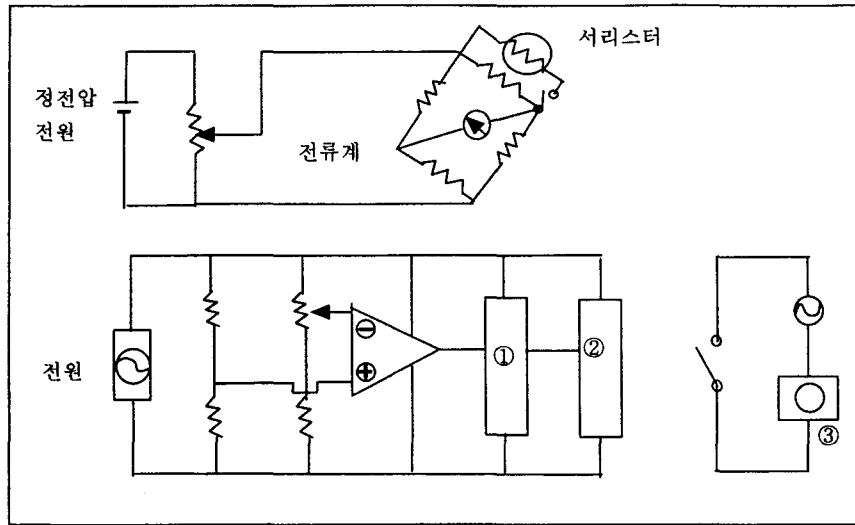
다섯째, 완전한 간접가열로 열화방지와 드라이어 경사 각도를 조절하여 수분제거에 충분한 시간을 줄 수 있으며 연료량의 조절 또한 가능하여 완전연소를 시킴으로써 분진을 줄일 수 있다.

이중 구조 드라이어 가열방식의 구조 및 열감지와 격막 장치도는 각각 <그림 4>, <그림

- ①신골재 ②재활용 골재 ③재생 골재가열 드라이어
 - ④신골재가열 드라이어 ⑤재활 골재 엘리베이터
 - ⑥핫빈(석분) ⑦혼합기 ⑧아스팔트탱크
 - ⑨재활용침가제탱크 ⑩출하 ⑪버너
 - ⑫신골재 핫 엘리베이 터 ⑬열감지 장치도 ⑭격막장치도
- 5>, <그림 6>와 같고 새로운 재활용 공법에 의해 재활용아스콘을 생산하면 기존의 공법에 서 발생하는 문제점을 해소시킬 수 있다.

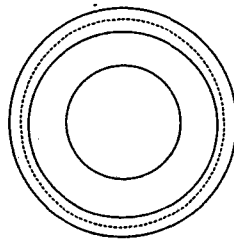


<그림 3> 이중구조 드라이어 가열방식



①구동회로 ②릴레이 ③부하

<그림 4> 열감지 장치도



정면도



측면도

<그림 5> 격막 장치도

4. 안전도 시험 및 분석

1) 재활용 아스콘의 안전도 평가기준

기층용 재활용 아스콘의 안전도 평가기준을 밀도, 공극율, 안전도, 흐름값과 내구성 값인

간접인장강도와 수분 취약성 값을 <표 1>과 같이 나타내었는데, 이는 새 아스팔트 혼합물의 품질규격치를 기준으로 비교한 것이다. 그 이유는 지금까지 재활용 아스콘의 안전도 평가기준이 별도로 제정되어 있지 않아 새 아스팔트 혼합물의 안전도 평가기준과 비교하여 재활용 아스콘의 품질 안전도를 평가하고자 한다.

<표 1> 재활용아스콘의 안전도 평가기준

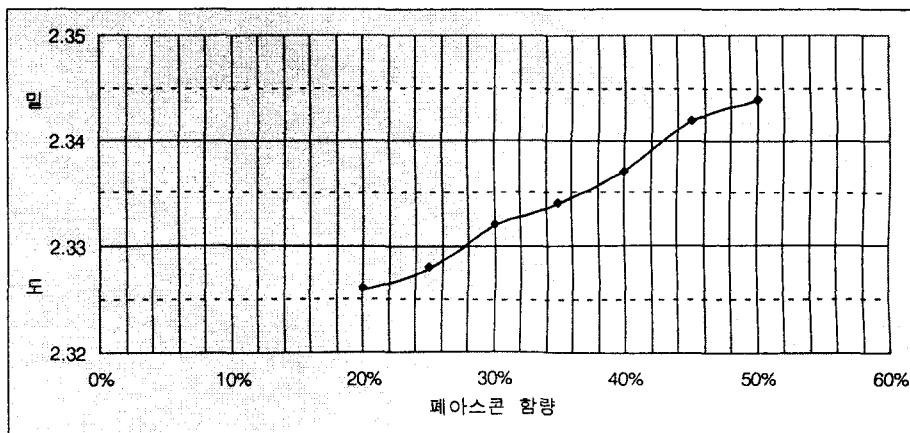
구분 기준	밀도 (g/cm ³)	공극율 (%)	안전도 (kgf)	흐름값 (1/100cm)	간접인장강도 (kg/cm ²)	수분취약성 (kg/cm ²)
기준치	2.32이상	3~10	350이상	10~30	9.3이상	6.1이상

2) 재활용 아스콘의 품질 안전도

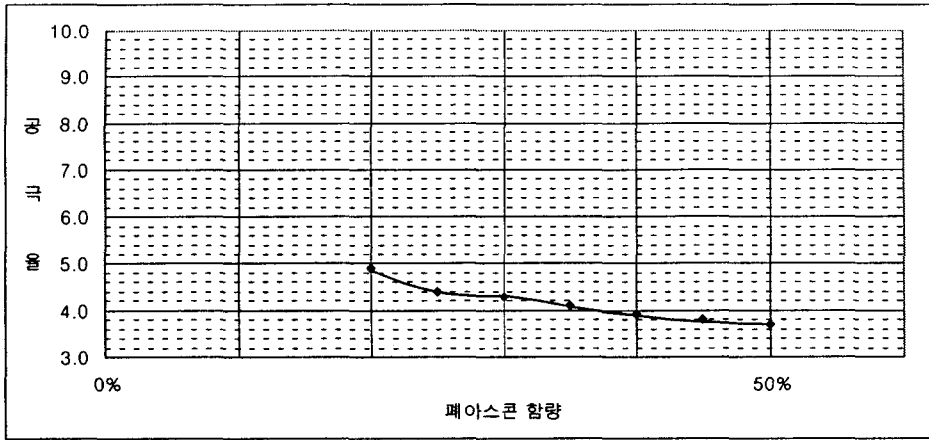
재활용 아스콘의 품질 안전도를 페아스콘 사용비율에 따라 밀도, 공극율, 안정도, 흐름값을 기준으로 <표 2>에 나타내었으며, 페아스콘 사용비율별 밀도 변화추이를 <그림 6>에 나타내었다. 또한 페아스콘 사용비율별 공극율의 변화추이를 <그림 7>에 나타내었으며, 페아스콘 사용비율별 안전추이를 <그림 8>에 나타내었으며, 페아스콘 사용비율별 흐름값 변화 추이를 <그림 9>에 나타내어 재활용 아스콘의 품질 안전도를 살펴보았다.

<표 2> 페아스콘 사용비율에 따른 품질 안전도

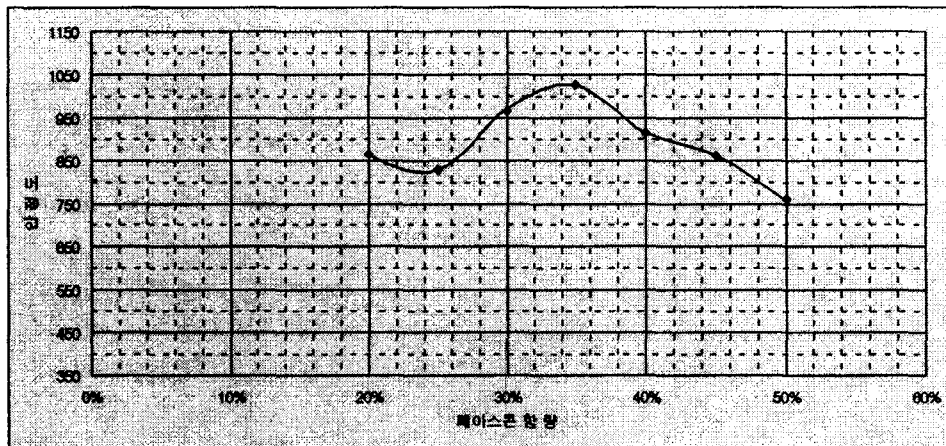
구분 \ 사용비율	기준치	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
밀도(g/cm ³)	2.32이상	2.326	2.328	2.332	2.334	2.337	2.342	2.344
공극율(%)	3~10	4.8	4.6	4.3	4.2	4.1	4.1	3.9
안정도(kgf)	350이상	865	827	964	1025	913	862	759
흐름값(1/100cm)	10~30	32	29	30	27	23	19	17



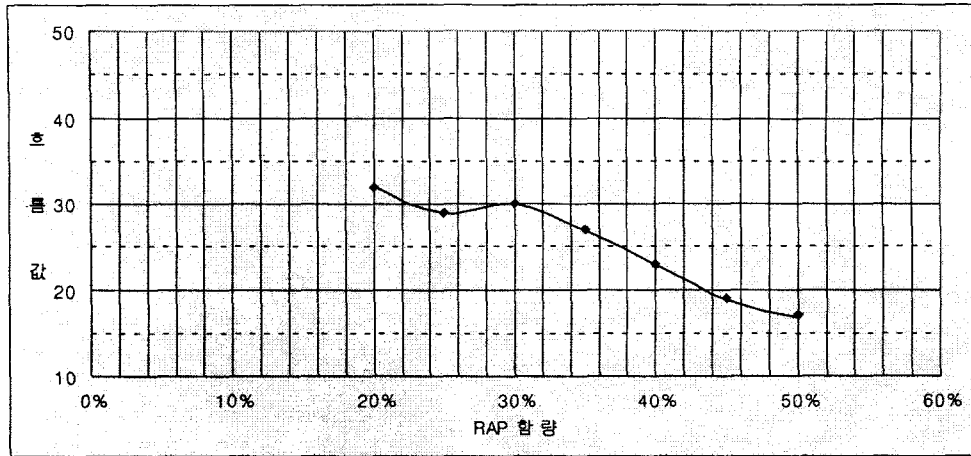
<그림 6> 페아스콘 사용비율별 밀도 변화



<그림 7> 페아스콘 사용비율별 공극율 변화



<그림 8> 페아스콘 사용비율별 안정도 변화



<그림 9> 폐아스콘 사용비율별 흐름값 변화

3) 재생아스콘의 내구성

폐아스콘을 사용할 경우 가장 큰 문제가 되는 것은 내구성인데 이 내구성 시험을 통해서 구한 간접인장강도는 <표 3>과 같으며, 수분취약성 시험의 결과는 <표 4>와 같다.

<표 3> 폐아스콘 사용비율별 간접인장강도

폐아스콘 함량(%)	20	25	30	35	40	45	50
간접인장강 도(kg/cm ²)	7.8	7.9	8.1	8.4	8.3	8.0	7.9
신규아스콘 혼합물	9.3(kg/cm ²)						

<표 4> 페아스콘 사용별 수분취약성

구분 페아스콘함량(%)	동결,수침처리전 간접인장강도(kg/cm ²)	동결,수침처리후 간접인장강도(kg/cm ²)	동결,수침처리전 간접인장강도비(kg/cm ²)
20	7.8	6.5	83.3
25	7.9	6.2	78.5
30	8.1	6.1	75.3
35	8.4	6.9	84.0
40	8.3	6.5	78.3
45	8.0	6.7	83.8
50	7.9	6.8	86.1
신규아스콘 혼합물	9.3	6.1	65.6

4) 분석

페아스콘 사용비율이 증가 할수록 밀도는 증가하였는데 이는 페아스콘에 포함 되어있는 골재 내부에 아스팔트성분이 흡수되어 밀도가 증가한 것이라고 생각할 수 있다.

아스팔트 혼합물 중에 존재하는 공극은 아스팔트 혼합물의 내구성과 소성에 관계되는 품질 특성이며, 기층에서는 3~10%의 공극이 존재해야만 규격치를 만족하는 것으로 나타났으며, 페아스콘의 함량을 변화시키더라도 공극의 차이는 없었다. 그리고 모두 기층서 요구하는 3~10수준을 무난히 만족하는 결과가 나왔으며 공극이 4~5%수준으로 나타난 결과로 볼 때 최적 아스팔트 함량이 다소 많은 것으로 인하여 나타난 결과로 판단된다.

또한 마찰특성치의 안정도에 대해서는 페아스콘 사용비율이 변화하더라도 모두 기층용의 규정치인 350kgf를 만족하며, 특히 페아스콘의 사용비율이 30~40%구간에서는 높은 안정도 값을 보여 주고 있다.

페아스콘 사용량이 30%이상일 때에는 안정도 값이 급격히 떨어지며 페아스콘 사용량이 50%이상 일 경우는 규정치는 만족할 수 있을 지라도 저점도의 아스팔트를 사용할 경우 혼합물의 안정도 및 내구성면에서는 치명적인 품질문제를 야기시킬 수 있다.

페아스콘 사용비율별 흐름값은 페아스콘 사용비율이 증가할수록 서서히 낮아지는 것으로 나타났으나 마찰시험의 흐름값 규정치인 10~40(1/100cm)을 모두 만족하는 결과를 나타내고 있으나, 하중에 의하여 페아스콘 사용량이 증가할 수록 쉽게 파손되는 결과를 나타내고 있다.

내구성 측면을 살펴보면, 재생혼합물이 신규혼합물에 비해 간접인장강도가 다소 낮음을

알 수 있으며 페아스콘 사용비율별로는 페아스콘 사용량이 35%일 때 간접인장강도가 가장 크다. 간접 인장강도를 높게 하려면 재생첨가제를 사용하여 간접 인장강도를 높일 수 있지만 재생첨가제 개발이 국내에는 아직 미진한 실정이다.

이러한 분석 결과로 보아, 재생혼합물을 사용하면 다소 내구성이 떨어짐을 알 수 있다. 또한 수분 취약성은 재생혼합물이 신규 혼합물에 비해 다소 높은 것을 알 수 있으며 가장 수분 취약성이 강한 페아스콘 사용비율은 35%일 때 인 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서 개발한 2중드라이어의 사용에 따른 이점으로는 2중드라이어 구조 방식을 채택하므로 초기 투자비 및 연료 절감을 할 수 있고 격막장치를 적용하므로써 생산지연시간을 없애므로 생산성 향상을 도모하며 자동온도 조절장치를 설치하므로 골재 과열을 방지하므로 열화방지 및 품질안전을 높일 수 있다.

2중 드라이어의 채용으로 다양한 페아스콘 혼합비율에 따르는 안전도 실험과 경제성분석을 한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 밀도는 페아스콘 사용비율 20%~50%까지 모두 2.32이상의 기준을 만족하고 있음을 알 수 있었으며 페아스콘 사용비율이 증가할수록 점점 밀도가 높아짐을 알 수 있다.

둘째, 공극률은 페아스콘 사용비율 20%~50%까지 모두 3~10이상의 기준을 만족시켰으며 페아스콘 사용비율에 관계없이 4~5정도로 나타났다.

셋째, 안정도는 페아스콘 사용비율 20%~50%까지 모두 350kgf이상의 기준을 만족하고 있으며 특히 페아스콘 사용량 30%~40%일 때 가장 안정도가 높음을 알 수 있었다.

넷째, 흐름값은 페아스콘 사용비율 20%~50%까지 모두 10~40의 기준치를 만족시켰으며 페아스콘 사용비율이 증가할수록 흐름값이 점점 감소되었다.

다섯째, 간접인장강도의 기준치는 페아스콘의 사용비율이 20%~50%까지 모두 9.3 kg/cm²의 기준치를 만족시키지 못했으며 가장 간접인장강도가 높은 페아스콘 사용비율은 35%임을 알 수 있었다.

여섯째, 수분취약성은 페아스콘 사용비율 20%~50%까지 모두 6.1 kg/cm² 기준치를 만족시켰으며 페아스콘 사용비율 35%일 때 수분취약성이 가장 높게 나타났다.

일곱째, 페아스콘 사용비율 20%~50%까지 원가비교법으로 경제성 분석을 한 결과 아스콘 사용비율이 증가할수록 톤당 이익이 많이 발생함을 알 수 있었다.

참고문헌

건설교통부. (1997a). **건설폐기물 처리 및 재활용 지침**.

건설교통부. (1997b). **아스팔트포장 설계·시공 요령**.

건설교통부. (1991). **최신 아스팔트 포장**. 건설부.

건설교통부. (1998). **페아스팔트 포장재료의 개질·재활용 기법 개발에**

관한 연구 I. **건교부, 1차년도 연차보고서**.

김광우. (1996). **폐콘크리트 및 아스팔트를 재활용한 농어촌 도로포장 공법의 개발**. 농림부, 2차년도 최종 보고서.

- 김광우. (1998a). 폐아스팔트 포장재료의 개질·재활용 기법 개발에 관한 연구Ⅱ. **건교부**. 2차년도 최종보고서.
- 김광우. (1998b). 현장가열 재활용아스팔트 혼합물 배합설계 표준화 연구. **대구.경북 아스콘 공업협동조합**. (1999a). **아스콘 품질관리 세미나**.
- 대구.경북 아스콘 공업협동조합. (1999b). **아스콘 품질관리 실무자 기**