

페타이어재료를 활용한 철도 배수구조물 기술개발



김성진
(주)렉스이엔씨 CEO
sjk1004@rexenc.com

일반적으로 타이어는 자동차 등에 부착되어 사용되고 사용기간이 경과되면 안전 등의 문제로 교체를 하게 된다. 이때, 교체된 페타이어는 폐기물로서 방치시 환경오염 문제가 발생하게 되는데 환경 오염을 줄이고 자원을 재활용하는 차원에서 페타이어에 대한 처리 및 활용에 관한 방안이 다각적으로 연구되고 있다. 지금까지의 페타이어 처리 방법으로는 페타이어를 가능한 한 미세하게 분쇄하여 고무나 아스팔트 등의 충전재로 사용하거나 열처리 또는 화학 처리하여 재가공할 수 있게 만드는 재생 방법, 그리고 소각하여 열원으로 사용하는 방법 등이다. 그러나 이와 같은 종래의 방법 중 충전재로 사용하는 방법은 페타이어를 부가 가치 있게 활용하는 방법이 될 수 없고, 재생 방법의 경우는 효율이 매우 낮아 활용성이 떨어지며, 소각 방법의 경우는 환경 오염의 문제가 해결되지 않는다. 최근에는 페타이어를 다각적으로 이용하여 고무가가치의 재료로서 활용하기 위한 기술들이 제안되고 있다. 그 중에서 페타이어를 녹일 수 있는 용매를 이용하여 용해시켜 얻어진 고무 용액에 자갈과 모래 등을 섞어 기계적 물성과 소음 및 진동 억제 특성이 개선된 고무 콘크리트를 제조하는 방법을 제안한 사례도 있다. 이 기술은 기존 시멘트 콘크리트의 단점인 깨지기 쉬움, 늦은 경화시간, 낮은 인장강도, 큰 건조수축, 낮은 내약품성 등을 개선하여 도로 포장, 중앙분리대, 철도침목, 해야 구조물 등에 활용할 수 있는 것을 특징으로 한다. 그러나, 이 기술은 용매의 비점 이상에서는 처리가 불가하므로 온도를 비점 이하로 유지할 수 밖에 없어 용해 처리 시간이 지나치게 길다는 문제가 있고, 용매의 후처리 기술과 용매로 인한 2차적 환경 오염 등에 관해

서는 해결 방안을 제시하고 있지 못하다. 또는, 다른 제안 사례로는 페타이어 칩을 윤활유와 함께 용해시켜 각종 산업 및 건설 제품으로 사용될 수 있는 용융액상고무 혼합물을 제조하는 방법에 관하여 제안한다. 이 기술은 페타이어 칩을 윤활유와 함께 고온에서 용해시켜 혼합물을 제조한 후 여기에 다양한 종류의 첨가제를 포함시켜 실링제, 점착방수제, 유화 에멀전 등으로 활용하는 것을 특징으로 한다. 그러나, 이 기술은 윤활유가 가열될 때 발생하는 다량의 가스를 처리하는 위한 가스 배출장치, 가스 집진 장치 등 추가 설비가 과다하게 필요하게 된다는 문제점이 있다. 그리고 페타이어 칩을 윤활유와 함께 용해시켜 용융액상고무를 제조하고 여기에 용융 아스팔트와 벤토나이트, 고분자 수지를 혼합하여 아스팔트 방수제를 제조하는 기술에 관하여 제안한 사례도 있다. 이 기술은 젤리상의 페타이어 용융을 통해 추출된 스티렌부타디엔고무(SBR)에 벤토나이트와 아스팔트를 결합시켜 고무의 가교 구조에 의해 벤토나이트의 유실을 방지하고 벤토나이트의 수화 특성에 의해 방수 능력을 극대화시킬 수 있음을 특징으로 설명하고 있다. 그러나, 이 기술은 페타이어 용융물로부터 스티렌부타디엔고무를 추출하는 방법에 관하여 구체적인 언급이 없고 아스팔트의 방수제로서 활용하기 위한 기술에 불과하다. 또 다른 제안 사례로는 절토 지역의 도로 포장시 설치되는 옹벽식 측구에 타이어 재생품을 측구 블록으로 설치하여 차량 충돌시 충격 흡수가 가능하도록 하는 기술을 제안한다. 그러나 이 기술은 타이어 재생품을 측구 블록 형태로 기계적으로 성형한 것으로서 페타이어를 분말 가루 형태로 제조한 후 이를 성형하여 이용하는 기술이

다. 이와 같이 종래 기술들은 주로 페타이어 분말 가루를 혼합하여 제품화하는 기술로서 고도의 압축강도가 요구되는 철도 침목과 같은 구조물에 활용하는 방법이나 측구 블록 등에 활용하는 방법에 국한되어 있었다. 따라서 이 기술은 종래 기술의 상황을 감안하여 새로이 개발된 것으로서, 페타이어를 재활용하는 기술로서 단순한 분말 가루를 혼합물 성분으로 섞는 것이 아니라 이를 용융물 형태로 만든 후 주형에 붓고 성형하여 제조함으로써 압축강도가 비교적 작은 구조물, 예를 들어 배수구나 맨홀 등과 같은 경량 구조물로 활용할 수 있는 기술을 제공하고자 한다. 페타이어를 활용한 철도 배수구조물 제조방법은

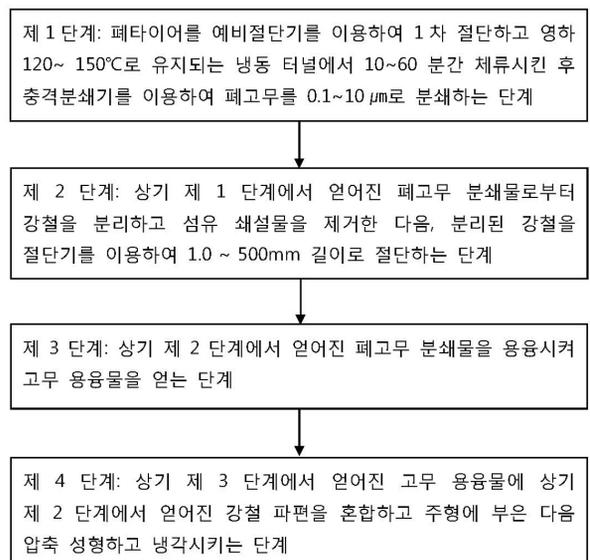
(1) 제1단계는 페타이어를 분쇄하여 분쇄물을 얻는 단계이다. 우선 페타이어를 예비 절단기를 이용하여 적당한 크기로 1차 절단하고 이를 급냉시켜 영하 120~150℃로 유지되는 냉동 터널에서 10~60분간 체류시킨 후 충격분쇄기를 이용하여 분쇄한다. 이와 같이 분쇄하여 미세한 가루 형태의 분쇄물을 얻고 체로 분리하여 0.1~10 μ m 크기의 입경을 갖는 분쇄물만을 걸러내고 이보다 큰 크기의 분쇄물은 냉동 터널에 재투입한다.

(2) 제2단계는 폐고무 분쇄물로부터 타이어 코드인 강철과 섬유 쇄설물 등을 분리해 내는 단계이다. 이 때 강철을 분리하는 것은 자석 분리기를 통과시켜 분리하고 섬유 쇄설물을 분리하는 것은 150~200 메쉬의 스크린을 이용하여 제거한다. 이 때 분리된 강철은 절단기를 사용하여 적당한 크기, 예를 들어 1.0~500mm의 길이로 절단하여 보관 한다.

(3) 제3단계는 폐고무 용융물을 용융시켜 고무 용융물을 얻는 단계이다. 이때, 폐고무 분쇄물을 용융시키는 것은 상기 제2단계에서 얻어진 폐고무 미세 분쇄물을 250~400℃로 유지되며 상호 맞물림 2축 스크류를 구비한 고무 혼련기를 5~60분간 통과시키며 가열 및 혼련시킴에 의해 수행한다. 이 때 상기 고무 혼련기는 내부의 폐고무 분쇄물이 충분한 용융이 이루어질 수 있도록 적당한 길이를 갖는 것이 바람직하며 고온에 의해 폐고무 분쇄물이 열분해되지 않도록 하는 것이 중요하다. 이와 같이 해서 얻어지는 고무 용융물은 2.16kgf 조건에서 10분간 측정된 용융 흐름지수(MFR)가 1~10인 것이 이후 성형 가공을 위해 바람직하다.

(4) 제4단계는 상기 제3단계에서 얻어지는 고무 용융물

에 상기 제2단계에서 얻어진 강철 파편을 혼합하고 이를 경량 구조물로 성형하는 과정이다. 이 때 혼합되는 상기 고무 용융물과 상기 강철 파편은 100:1~20의 중량비인 것이 바람직하다. 일반적인 페타이어를 재활용하는 종래 기술의 경우 강철 철심은 재활용하기 어려운 관계로 분리하여 폐기되거나 타용도로 사용되었는데, 본 발명에서는 이와 같은 강철 철심을 파편으로 절단하여 이를 강화제로 재활용할 수 있는 것을 특징으로 한다. 이와 같은 강철 파편은 섬유 강화 플라스틱(FRP) 등에서 강화제로 사용되는 섬유와 같은 역할을 한다. 본 발명의 방법은 고무 용융물과 강철 파편만을 이용할 경우에도 경량 구조물의 요구 강도를 만족시킬 수 있을 정도의 물성을 확보할 수 있으나, 용도에 따라 더 강화된 강도가 필요한 경우에는 자갈이나 모래 등 추가 성분을 포함시켜 혼합할 수 있다. 이 때 자갈이나 모래 등은 고무 용융물과의 접합성을 높이기 위하여 커플링제 등으로 표면 처리된 것을 사용하는 것이 더욱 바람직하다. 상기 혼합물을 최종 제품을 생산하기 위한 주형(몰드)에 붓고 바이브레이터 등을 이용하여 잘 다진 다음 고온 고압 조건으로 압축 성형한다. 이 때 압력 조건은 평방미터당 0.1~10 톤의 압력을 가하는 것이 바람직하고, 온도 조건은 100~200℃의 조건이 바람직하며, 처리 시간은 30~120분간 처리하는 것이 바람직하다. 이와 같이 제조되는 성형품은 압축강도 100 ~ 300 kgf/cm²을 가진다. 또한,



인장강도는 50~100 kgf/cm²를 나타내고, 휨강도는 100~200 kgf/cm²를 나타내며, 탄성계수는 10 ~ 30 GPa을 나타낸다. 따라서 이와 같이 성형된 제품은 철도배수 소구조물인 비탈도수로, 소단측구, 배수로 또는 맨홀 등의 경량 구조물로 사용되기 적합하다. 상기 경량 구조물은 현장에서 제조되는 것보다는 공장에서 제조되는 것이 유리하며, 공장 제조시 대생산이 가능한 장점이 있고, 페타이어를 효과적으로 재활용하여 부가가치 높은 제품을 제조할 수 있는 기술이므로 향후 활용 가능성이 높다.

페타이어를 활용한 철도 배수로구조물의 효과로는 페타이어를 용매나 윤활유와 같은 용융 보조제를 사용하지 않고도 용융이 가능하므로 용융 보조제의 처리를 위한 추가 설비가 필요하지 않고 용융 보조제로 인한 2차적 환경

오염의 문제가 발생하지 않으며, 페타이어 용융물에 페타이어에서 분리된 강철 파편을 재투입하여 사용하므로 자원의 재활용성이 기존 기술에 비하여 더 높고, 강철 파편이 강도를 증대시키는 강화 제로서 작용하므로 강도 강화를 위한 추가 성분의 투입 없이도 배수로나 맨홀과 같은 비교적 강도가 높지 않은 경량 구조물에 적용되기에 충분한 정도의 물성을 확보할 수 있으며 고무재료적용으로 접착력 및 수밀성이 탁월한 효과를 보일것으로 예상된다.

따라서 이 기술은 페타이어를 활용하여 환경오염을 최소화하는 동시에 토목구조물의 시공성 및 유지관리성등을 향상시킬수 있는 기술로 향후 제조기술을 한층 더 발전시켜 주변경관과 조화를 이룰수 있는 색감 및 재질, 경관 등에 대해 기술개발이 이루어져야 할것으로 사료된다. ☺

