

배수조건에 따른 페타이어의 용출특성 연구

조진우¹ · 정하익¹ · 윤여원²

¹한국건설기술연구원 지반연구부(jinucho@kict.re.kr), ²인하대학교 토목환경공학부

<요약문>

본 논문에서는 페타이어를 지반보강재로 재활용하는 경우 배수조건에 따른 용출특성을 알아보기 위하여 실내실험을 실시하였다. 배수조건과 비배수조건으로 연속식 용출시험을 수행하여 유출수의 pH, 탁도, TOC, Zn 농도를 분석하였다. 실험결과 배수조건인 경우 시간이 경과할수록 용출농도가 감소하여 주변 환경에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단되나, 비배수 조건인 경우 용출농도가 증가하는 현상을 발견할 수 있었다. 배수조건은 페타이어가 지하수위 위에 존재하는 경우이며, 비배수조건은 페타이어가 지하수위 아래에 존재하는 경우에 해당한다. 특히, 페타이어가 지하수위 아래에 위치하는 경우 지오택스타일의 클로징 등으로 인하여 배수가 원활히 되지 않을 경우에는 주변환경에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되며 이에 대한 각별한 주의가 필요할 것이다.

key word : Waste tire, Recycling, Leachates, Water table

1. 서 론

최근 들어 페타이어의 재활용율을 높이기 위한 수단으로 경량성토재로 사용하거나 지반보강재로 사용하는 연구가 발표되고 있다(Garga&O'Shaughnessy, 2000; 윤여원 등 2004).

본 연구에서는 경량성토재 및 지반보강재로 페타이어를 사용함에 있어서 환경적인 영향에 대하여 고찰하였다. 페타이어를 성토재, 뒤채움재, 지반보강재로 재활용 하는 경우 지하수위의 위치는 중요한 설계인자가 된다. 따라서 페타이어가 지하수위 상부에 존재하는 경우와 하부에 존재하게 되는 경우에 대한 페타이어의 용출특성을 조사하였다.

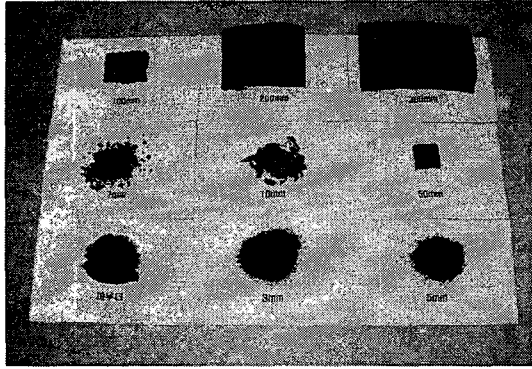
2. 실험 재료 및 방법

2-1. 실험재료

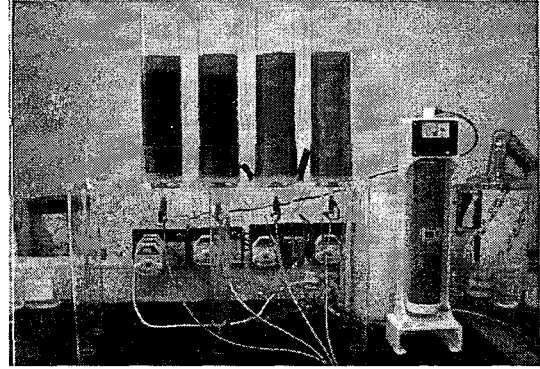
페타이어는 형태에 따라 원형 그대로 사용하는 방법(whole), 측면을 제거하고 사용하는 방법(slit), 조각형태로 사용하는 방법(shred), 칩형태로 사용하는 방법(chip), 분말로 사용방법(ground rubber)으로 구분 할 수 있다. Whole은 말 그대로 페타이어 원형을 의미하며, slit는 페타이어의 측면부분을 제거한 것이다. Shred는 50mm~300mm의 크기로 절단된 삼각형 또는 사각형 모양의 페타이어를 의미하며 강선과 섬유를 포함하고 있다. Chip은 12mm~50mm 크기의 페타이어 조각을 의미하며 대부분의 섬유 및 강선이 제거된 상태이다. Ground rubber는 0.15mm~19mm 크기의 분말을 의미하며 섬유와 강선이 완전히 제거된 상태이다(FHWA, 1998).

본 연구에서는 ground rubber(5mm), chip(10mm), shred(50mm, 100mm)의 페타이어를 사용하

였다. 5mm와 10mm의 페타이어는 페타이어 재생업체에서 구입하여 사용하였으며 50mm와 100mm의 페타이어는 절단기를 사용하여 직접 제조하였다. 모든 시료는 증류수를 사용하여 세척하여 자연건조 시킨 후 실험을 수행하였다. 그림 1은 본 연구에 사용된 페타이어 및 연속식 용출 실험기를 나타내고 있다.



(a) 페타이어



(b) 연속식 용출실험기

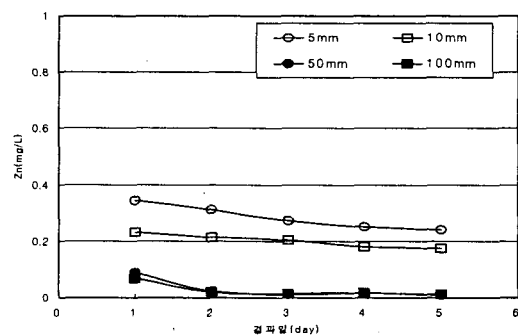
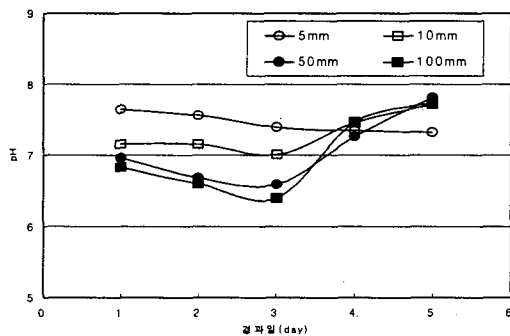
그림 1. 본 연구에 사용된 페타이어와 용출실험기

2-2. 실험방법

용출실험은 배수시험 5일, 비배수시험 5일로 총 10일간 수행하였다. 페타이어 입경별로 4개의 칼럼을 준비하였으며 탁도, pH, TOC, Zn의 농도를 분석하였다. 칼럼은 직경 12cm, 높이 100cm의 아크릴 재료를 사용하였으며 펌프를 이용하여 인공강우를 1.2ml/min으로 조정하여 주입하였다. 배수조건으로 수행한 실험이 종료된 후에 비배수 조건의 실험을 실시하였는데 칼럼의 유출구를 닫고 펌프를 정지시켜 비배수조건을 구현하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 배수조건에서의 실험결과를 나타내고 있다. Zn, TOC, 탁도 모두 시간이 경과할수록 용출 농도가 감소하고 있음을 알 수 있다. 이러한 배수조건은 페타이어가 지하수위 상부에 위치하는 경우를 묘사하는 것으로서, 만약 배수가 원활하게 진행된다면 유출수의 농도가 시간이 경과할수록 감소한다고 예상할 수 있다. Humphrey 등(1997)은 5년간의 현장 연구결과 페타이어가 지하수위 위에 존재하는 경우 페타이어에 의한 주변환경의 영향을 무시할 수 있다는 결론을 도출하였고 본 연구의 결과도 이러한 사실을 간접적으로 증명하고 있다.



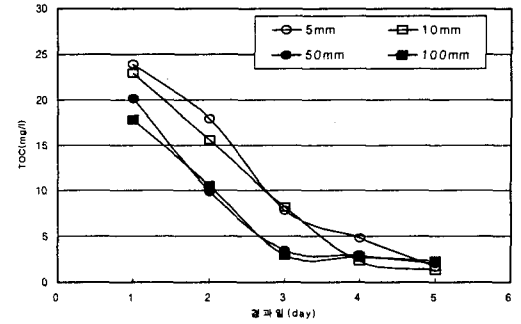
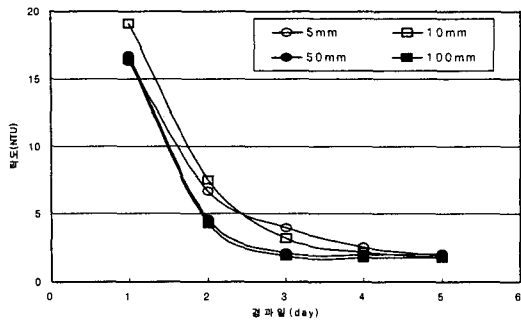


그림 2. 배수조건 실험결과

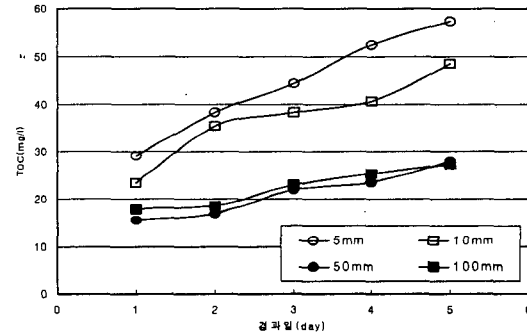
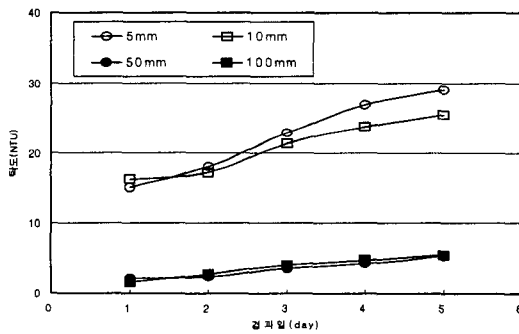
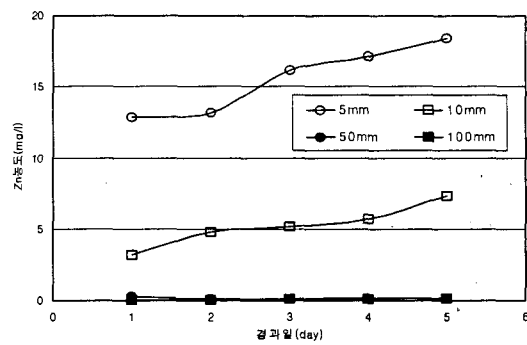
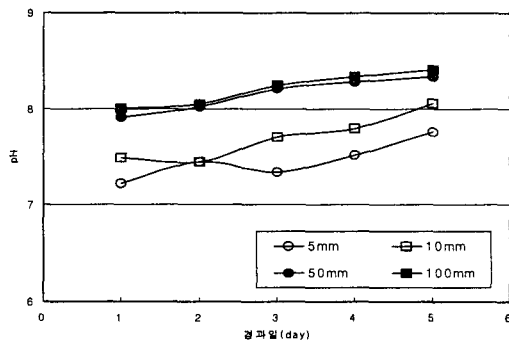


그림 3. 비배수조건 실험결과

그림 3은 비배수조건의 실험결과를 나타내고 있다. Zn, TOC, 탁도 모두 시간이 경과할수록 용출농도가 증가하고 있음을 알 수 있다. 탁도의 증가는 철성분의 침전에 의한 것으로 판단되며, TOC의 증가는 타이어 내의 미생물에 의한 것으로 판단된다. 이러한 비배수조건은 페타이어가 지하수위 하부에 위치하는 경우를 묘사하는 것으로서, 배수가 원활하게 진행될 수 없는 혹독한 상황을 묘사하고 있다. 따라서 페타이어를 성토재, 뒤채움재, 기반보강재로 재활용 하는 경우에 있어서 지하수위 하부에 위치하게 되는 경우에는 주변환경에 악영향을 미칠 것으로 예상되며 이에 대한 각별한 주의가 필요할 것이다.

또한, 페타이어 입경이 증가할수록 용출농도가 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 특히, 직경 5mm 와 10mm인 ground rubber 및 chip 형태의 페타이어와 50mm 이상의 shred 및 slit 형태의 페타이어의 용출농도가 확연히 다르게 나타났는데 이는 비표면적의 차이 때문으로 판단되며, 따라서, 환경적 관점에서 볼 때 페타이어를 재활용 할 경우에는 shred 및 slit 형태로 활용하는 것이 환경적으로 유리하리라 판단된다.

4. 결론

페타이어를 경량성토재 및 지반보강재로 사용할 경우 중요한 고려사항 중 하나가 지하수위의 위치이다. 본 연구에서는 배수조건과 비배수조건으로 실험을 수행하여 현장에서 지하수위 상부와 하부에 위치하는 상황을 묘사하여 용출농도를 분석하였다. 결과적으로 지하수위 상부에 위치하는 경우에는 환경적으로 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 현장실험으로부터 도출한 과거 연구들의 결론과 일치하는 결과이다. 반대로 지하수위 아래에 위치하는 경우에는 배수가 이루어지지 않기 때문에 주위 환경에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 페타이어를 지반에 사용할 때 지하수위 위에 설치하는 것이 추천되며 만약 지하수위 아래에 설치될 때에는 주의를 요함과 동시에 배수에 각별히 신경 써야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Garga & O'Shaughnessy, "Tire-reinforced earth fill. Part1", Canadian Geotechnical Journal, Vol. 37, 75~96, 2000
2. FHWA : User guidelines for waste and byproduct materials in pavement construction, FHWA-RD-97-148, 1998
3. Humphrey, D. N., Katz, L. E., and Blumenthal, M.(1997), "Water quality effects on tire shred fills place above the ground water table" ASTM STP 1275, 288~313, 1997
4. 윤여원, 최경순, 윤길림, 김방식, "지반보강재로서 페타이어의 활용; (1) 지반보강 효과, 한국지반공학회 논문집 제20권 3호 107~117, 2004