

토양 간극수의 효율적 포집을 위한
오염물질 제거에 관한 연구

이성백

전북대학교 공과대학 토목환경공학부

A Study of Contaminant Removal for Pore-Water Collection

Lee, Seong-Baeg

School of Civil & Environ. Eng., Chonbuk National University

ABSTRACT

The study was performed to examine the elimination capacity of impurity on the fiberglass wicks to exert a suction of Passive capillary samplers (PCAPS) on soil water. This impurity affects the capillary properties of the wick and the chemical properties of the samples collected. To determine the need, capillary rise and moisture contents were measured after the wicks were cleaned by four methods : combustion, acetone extraction, detergent washing, and uncleaning. The wicks were made with fibers produced by PPG Industries and Manville Company, U.S.A. Results showed that wicks made from PPG fibers lost up to 3.4% of original mass during combustion while Manville fiber wicks lost only up to 0.6%. These losses are assumed to have been due to combustion of organic compounds applied by the manufacturers. All cleaning methods had higher capillary rise than obtained with uncleaning method. Combustion at 400°C for 4 hours was the best cleaning method, removing 98 to 100% of impurities.

Key words : Passive Capillary Samplers(PCAPS), Fiberglass Wicks, Capillary, Moisture Contents

요약문

PCAPS는 토양 간극수를 효율적으로 포집하기 위해서 fiberglass wick의 모세관 잠재력을 이용하여 토양오염을 조사하는 장치이다. Fiberglass에 붙어 있는 불순물은 wick의 모세관 성질과 포집된 시료의 화학적 성질에 영향을 미치게 되므로 4가지 처리방법들 (소각처리, 아세톤처리, 세정제처리, 비세척)을 이용하여 불순물을 제거하였다. Wick은 미국의 PPG Industries와 Manville Company에서 생산되는 제품을 사용하였다.

실험결과로, PPG fiber는 소각처리에 의해 원래 부피의 3.4% 정도 손실되었으며, Manville fiber는 0.6%미만이 손실되었다. 이들 손실은 제작과정에 사용된 유기합성물이 소각되면서 발생하였다. 모든 세척방법들은 비세척 방법보다 모세관의 상승높이가 더 크게 나타났다. 소각이 가장 좋은 세척방법으로 나타났으며, 400℃의 온도에서 4시간 처리시 불순물의 98~100%를 제거할 수 있었다.

주제어 : 강제모세관 포집기, 유리섬유재질, 모세관, 함수비.

1. 서론

PCAPS는 토양의 간극수를 포집하여 토양오염 및 지하수의 수질을 예측하기 위해 고안된 방법(Holder 등, 1991; Boll 등, 1992; Poletika 등, 1992)이다. 이 장치는 현장에 설치되어 토양으로부터 간극수를 포집하게 되는데, 이때 다른 잠재력보다 wick에 붙어있는 수분의 자연적 모세관력에 의해 포집되어진다. 유리섬유에 대한 모세관의 성질은 wick 표면의 오염정도에 따라 달라지게 되는데, PCAPS 시스템을 통하여 오염물질을 분석하고자 할 때 유리섬유에 포함되어 있는 유기오염물질의 화학적 흡착이 시료 오차의 원인이 될 수 있다.

본 연구는 세척방법 중 wick으로부터 불순물을 가장 효과적으로 제거할 수 있는 방법을 알아보기 위하여 수행하였다.

Wick 제작사의 자료에 의하면, fiber-glass

wick에는 다음과 같은 세 가지의 불순물이 함유되어 있다: fiber binders, yarn oversprays, 그리고 lubricants. 이들 중 fiber binders는 제품의 강도를 증가시키기 위하여 개개의 유리섬유를 묶는데 이용되어지고, oversprays는 acrylic 혹은 starch oil을 원료로 하여 섬유의 손실을 줄여 줌으로서 유리섬유 yarn brain을 더 쉽게 만들기 위해 사용되어지는 물질들이다.

2. 실험 방법

Wick에 대한 세척방법의 효과를 측정함에 있어 습윤과 건조의 수분특성곡선 그리고 모세관의 최대 상승높이를 평가하였다. 수분특성곡선은 wick의 여러 유형에 대하여 길이 150cm로 각각 두 개씩 잘라 취하였다. 이들은 같은 전처리 과정을 거치게 되는데, 실험과정 중에 증발손실을 막기 위해서 플라스틱 튜브관에 넣어 수직으로 설치하였다. 이들

중 하나는 습윤 상태에서 모세관 상승높이를 알아 보기 위하여 wick의 최하단부 바닥에 물감이 섞인 비이커를 놓고 적셔지도록 하여 물감의 상승높이를 측정하였다. 또한 다른 하나는 건조상태에 도달하도록 하기 위하여 먼저 충분히 적신 후 wick의 수분이 배수되도록 하였다. 평균 습윤 조건을 얻기 위한 실험시간은 42~48시간 정도가 소요되었다. 이때 wick을 각각 5cm 크기로 잘게 자른 후, 잘라진 wick은 무게를 달아 건조기에서 2시간 이상 건조시킨 후 다시 무게를 측정하였다. 이 중량 함수비는 건조시키는 동안 증발한 물의 부피를 토막의 건조부피로 나누어 계산하였다.

이 실험은 미국의 세 braiding 회사에서 생산되는 fiberglass wick를 사용하여 수행하였다: Mid-Mountain Materials (Redmond, WA), Amatex (Norristown, PA), 그리고 Pepperell Braiding (Pepperell, MA). Mid-Mountain과 Amatex wick은 PPG Co. (Pittsburg, PA)에서 생산된 fiberglass yarn을 사용하여 만들어졌고, Pepperell wick은 Manville Co. (Manville, OH)의 yarn을 사용하여 생산되었다. Wick은 4가지 처리조건에서 실험을 실시하였다: 소각처리, 아세톤처리, 세정제처리 그리고 비세척. 15가지의 wick 유형이 세척, 비세척 그리고 소각 조건에서 실험이 실시되었다: Pepperell(3가지), Mid-Mountain(6가지), Amatex(6가지). 그리고 두 가지의 Mid-Mountain wick은 아세톤처리 실험에 사용되었다. (Matrix와 knit은 Mid-Mountain의 상품명; low, medium 그리고 high는 Amatex wick의 상품명; 1/4 inch와 3/8 inch는 세 braiding 회사에 의해 명시된 wick의 직경크기임).

비세척 wick은 원 제품으로부터 직접 잘라 실험하였고, 세척된 wick은 2시간 동안 세척-헹굼 과정을 거친 후 완전히 건조시켰다. 세척과정은 실험용 세정제 Alconox 7~10cm를 뜨거운 물 약 30l

에 혼합하여 wick을 완전히 적시도록 하였으며, 20분 간격으로 5분 동안 교반시켰다. 이때 wick은 직경 35cm의 용기에 넣어 재료가 손상되지 않는 700rpm 정도에서 회전을 시켜 수분을 탈수시켰다. 이 헹굼과 회전과정은 뜨거운 물을 사용하여 2회 이상 반복되어진 후 건조기 100℃에서 건조되었다.

아세톤처리는 wick을 길이 1.5m로 잘라 아세톤 500ml에 48시간 동안 적셔 배수시킨 후, 하루 동안 공기 건조시킨 다음 온도 100℃에서 8시간 동안 건조되었다.

소각처리는 섬유질의 성질이 온도 800℃에서 변하지 않는 조건(PPG and Manville)하에서 회화로 400℃에서 3~4시간 동안 비세척된 wick을 처리함으로써 준비되어졌다. 또한, 불순물이 제거되어지는 온도를 결정하기 위하여 추가적인 실험이 수행되었다. 이 실험은 먼저 회화로에서 증발점시를 충분히 건조시켜 불순물을 제거시킨 후 무게를 측정하였다. 이 증발점시에 비세척 wick을 담아 무게를 계측하고 회화로에 넣어 90분간 태우고 난 후 자연상태의 온도에서 다시 계측하였다. 이 과정은 소각온도에 따른 무게 손실량을 알아보기 위하여 250~500℃의 온도범위에서 실시되어졌다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 Mid-Mountain에서 생산되는 직경 1/4 inch의 knit braided wick에 대하여 측정된 습윤 곡선의 결과를 보여주고 있다. 모든 세척방법들(세정제처리, 아세톤처리, 그리고 소각처리)은 비세척 처리에서 얻은 함수비보다 더 큰 matric potential을 얻었다. 그리고 불포화 상태에서 같은 matric potential에 대해서도 함수비가 높아짐에 따라 더 큰 전도도를 나타내었다. 이 결과에서 가장 좋은 세척방법은 소각처리로 나타났으며, Amatex와 Pepperell wick에서도 비슷한 결과를

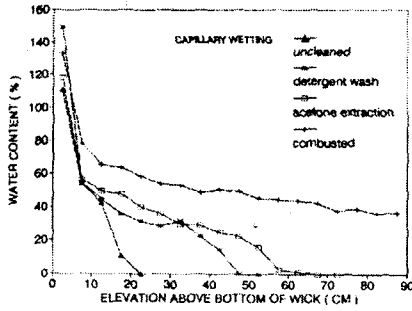


Fig. 1. Wetting gravimetric moisture content vs. elevation above zero pressure (matric potential) of Mid- Mountain Materials 1/4-inch-diam. knit wick using each of the cleaning methods.

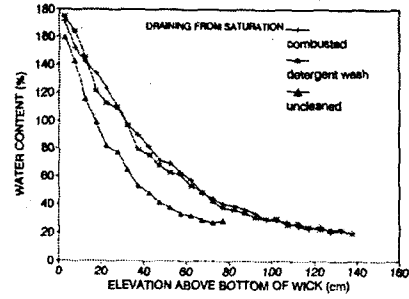


Fig. 2. Draining moisture content vs. elevation above zero pressure head of the Pepperell 1/4-inch-diam. wick for the uncleaning, detergent washing, and combustion treatment methods.

얻었다.

소각처리는 다른 세척방법보다 훨씬 높은 모세관의 상승높이를 얻었다(Table 1). 모세관의 상승이 높다는 것은 wick의 간극수압이 도달할 수 있는 최대점이 크다는 것을 의미한다. 따라서 시료의 흡인력이 큰 만큼 더 긴 wick를 PCAPS의 제작에 이용할 수 있음을 의미하는 것이다. 비록 세척방법에서 직경 1/4inch의 Pepperell wick에 대해서만

보여주고 있으나, 세정제의 세척은 소각처리와 거의 비슷한 효과를 얻었다(Fig. 2). 이것은 Pepperell wick에서 불순물의 양과 종류가 적기 때문인 것으로 판단된다.

Table 1. Maximum capillary rise of dyed water observed for two types of fiberglass wicks uncleaned and after three types of cleaning.

Wick type	Treatment	Capillary rise (cm)
1/4-inch knit	Uncleaning	22
	Detergent washing	47
	Acetone extraction	65
	Combustion	93
1/4-inch matrix	Uncleaning	67
	Detergent washing	67
	Acetone extraction	72
	Combustion	>150

Fig. 3에서 보여주는 바와 같이 제거할 수 있는 무게의 대부분이 소각온도 400°C에서 손실되었다(400°C에서 잃은 무게 / 550°C에서 잃은 무게 비율이 98%이상). Amatex와 Pepperell wick은 비슷한 경향을 보여주었으며, Pepperell wick이 보다 적은 손실 비율을 나타내었다. Pepperell wick의 적은 무게 손실은 불순물을 적게 함유하고 있으며, 아마도 세정제와 소각특성곡선들 간의 차이가 적음을 의미하는 것이다(Fig. 2).

회사에 따라 섬유는 화학적 성분 뿐 만 아니라 사용된 overspray와 binder(불순물)의 형태가 달라 질 수 있다. 이것은 회사에 따라 규격과 밀도가 비슷한 wick간에 온도의 변화와 불순물 양의변화를 의미하는 것이다. 실험에 사용된 시료에 대해서, PPG(Mid-Mountain, Amatex)의 섬유로 구성된 wick은 소각처리 동안에 무게(유기불순물이 수행되어지는)의 3.4% 정도가 손실된 반면, Manville fiber(Pepperell)로 만들어진 wick은

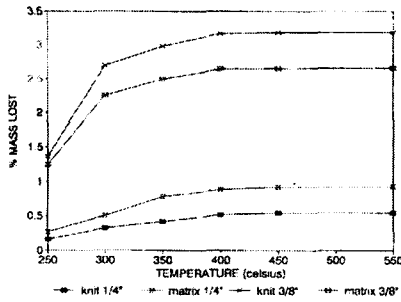


Fig. 3. Mass lost during combustion vs. combustion temperature for Mid - Mountain 1/4- and 3/8-inch-diam. knit and matrix braided wicks.

0.6%를 약간 상회하는 정도에서 손실되었다.

4. 결론

불순물 제거를 위한 세척은 PCAPS에서 fiberglass wick을 사용하고자 할 때 최적의 결과를 얻기 위해서 필수적인 과정이다. 400℃의 소각 처리는 3시간 내에 98%이상의 불순물을 제거시켰다. 불순물의 정도가 큰 wick은 소각시간이 더 길게 요구되거나 혹은 더 높은 온도를 요구하였다. 실험에 사용된 모든 wick은 세정 후 모세관 성질에 상당한 개량을 보여주었다. Wick의 적절한 세정방법은 braiding 회사에 따라 달라질 수 있으

나, wick을 토양 간극수 실험에 사용함에 있어 실험에 사용된 세정방법 중 소각처리가 가장 신뢰성이 있음을 알 수 있었다.

참고 문헌

1. Boll, J., J.S. Selker, B.M. Nijssen, T.S. Steenhuis, J. Vanwinkle, and E. Jolles. 1991. Water sampling under preferential flow conditions. p.290-298. In R. G. Allen et al. (ed.) Lysimeters for evaporation and environmental measures. Proc. ASCE Symp. Lysimetry, Honolulu, 26 July 1991. Am. Soc. Civ. Eng., New York, USA.
2. Boll, J., T.S. Steenhuis, and J.S. Selker. 1992. Fiberglass wicks for sampling of water and solutes in the vadose zone. Soil Sci. Soc. Am. J. 56 : 701-707.
3. Holder, M., K.W. Brown, J.C. Thomas, D. Zabcik, and H.E. Murray. 1991. Capillary-wick unsaturated zone pore water sampler. Soil Sci. Soc. Am. J. 55 : 1195-1202.
4. Poletika, N.N., K. Roth, and W.A. Jury. 1992. Interpretation of solute transport data obtained with fiberglass wick soil solution samplers. Soil Sci. Soc. Am. J. 56 : 1751-1753.