

주차장 퇴적물의 중금속 농도 및 침전 속도

Metal Concentrations and Settling Velocity in Parking Lot Sediments

이은주* · 이소영** · 김준명** · 김일규** · 김이형***

Lee, Eun-Ju · Lee, So-Young · Kim, Jun-Myoung · Kim, Il-Gyou · Kim, Lee-Hyung

1. 서론

포장지역인 주차장의 강우유출수는 금속함유율이 높고, 작은 입자를 포함하고 있다 (Sansalone et al., 1996; Zanders, 2005). 강우유출수내 용해성과 입자성 금속은 이동하는 과정이 달라 축적이 중요하며, 독성과 생물학적 이용가능성의 특징을 지니고 있다 (Tuccillo, 2006).

포장된 지역의 표면은 많은 입자성 오염물질들이 흡착 되어있다. 입자성 물질을 제거하기 위해 사용되는 최적관리방안(BMPs)은 입자성 물질의 입도분포가 중요한 설계인자이다. 퇴적물로 쌓이는 많은 양의 오염물질들은 강우유출수와 관련이 있으며, 이러한 퇴적물은 오염물질을 운반하는 표면수를 관리하여 제거할 수 있다 (Regenmorter et al., 2002). 또한 퇴적물의 입도분포와 화학적 성분을 분석함으로써 오염물질을 저감시킬 수 있는 배수로를 설계할 수 있다. BMPs (e.s., wetlands, detention basins, filtration, and wet detention ponds) 시설은 오염물질을 침전시켜 수질을 향상시킬 수 있도록 설계하지만, 퇴적물중 점토와 실트는 침전 속도가 느려 제거하기 어렵다. 이러한 BMPs의 적당성 여부를 평가하기에는 어려움이 많기 때문에 BMP 설계를 위해서는 입도와 금속에 대한 세분화된 자료가 필요하다.

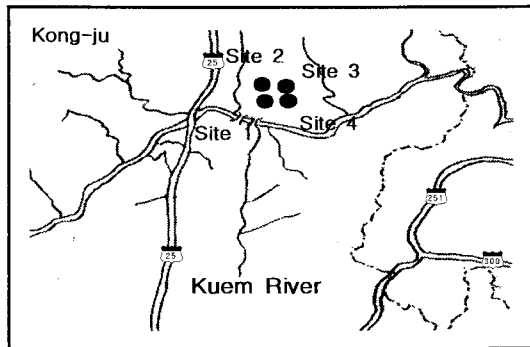


그림 1. 모니터링 위치

콜로이드성 입자는 입자 범위 내에서 가장 작은 크기의 입자로서, 큰 입자들과 같은 침전을 기대하지 못한다. 이러한 콜로이드성 입자들은 중금속과 높은 친화력을 가지며(Pham and Garnier, 1998; Vignati and Dominik, 2003), 배출지점에서 멀어질수록 집합체를 이루어 침전하게 될 가능성이 있다. 강우시 포장지역에서는 유출이 시작되면서 큰 입자들이 유출되지만 시간이 흐를수록 큰 입자의 수는 급격히 감소하게 되며, 초기 강우 20%에 의해서 입자의 40%가 유출된다 (Li et al., 2005).

본 연구는 공주대학교 주차장 퇴적물의 중금속 농도와 입도분석을 실시하고 침전속도를 결정하여 퇴적물

* 비회원 · 공주대학교 건설환경공학부 BK21 연구원 · 공학박사

** 비회원 · 공주대학교 건설환경공학부 석사과정

*** 정회원 · 공주대학교 건설환경공학부 조교수 · 공학박사



의 기초자료를 확보하는데 목적이 있으며, 강우시 유출되는 비점오염물질로 인한 피해를 최소화시켜 효과적인 최적관리방안을 선정하는데 있어서 필요한 자료를 제공하고자 한다.

2. 실험 방법

모니터링 지점은 그림 1과 같이 공주대학교 주차장으로 총 4개 지점의 맨홀에서 퇴적물을 채취하였다. 채취된 시료에 대하여 그림 2에 나타난 바와 같이 입도 분포, 중금속 함량, 침진 속도를 분석하였다. 체분석과 입도분석을 퇴적물 입자의 범위를 파악하기 위해 행하였고, 이후 중금속 농도를 분석하였다. 중금속 분석을 위하여 모든 시료에 대해 고순도의 HNO₃를 이용하여 pH 1-2 사이로 산성화하였다. 침진속도를 결정하기 위해 column 실험을 행하였으며, 이는 향후 BMP(Best Management Practice) 시설의 선택 및 설계 시 매우 유용하게 사용될 것이다.

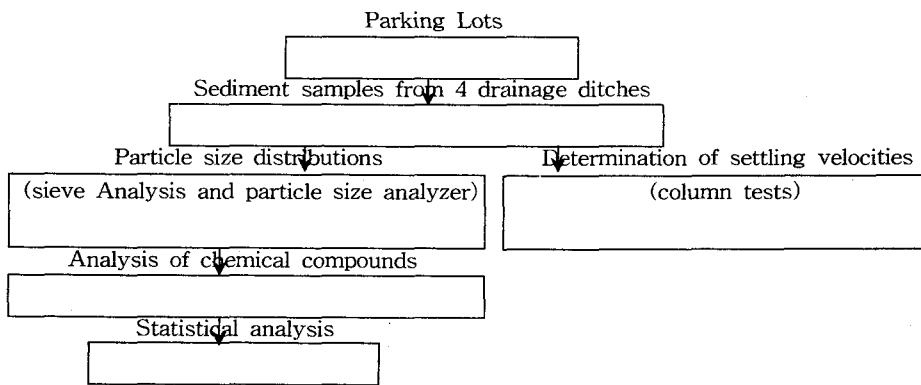


그림 2. 퇴적물 분석 계획

3. 실험 결과

3.1 입도 분포

주차장 퇴적물 입자의 양을 측정하기 위해 체분석과 입도분석을 행하였고, 그 결과는 그림 3에 나타난 바와 같이 425-850 μ m 사이의 입자가 대부분을 차지하고 있으며, 특히 250 μ m보다 큰 입자는 전체의 70% 이상을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 모든 지점에 대한 D50(50%)의 범위는 200-600 μ m로 나타났으며, 425 μ m보다 큰 입자는 50% 이상을 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

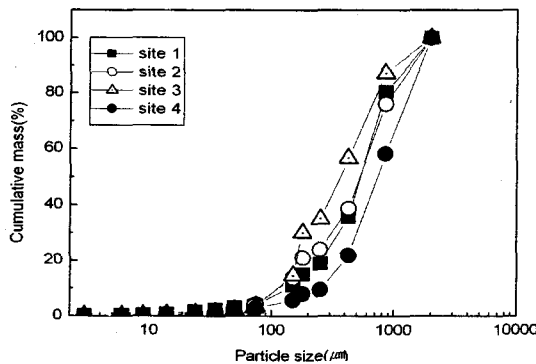


그림 3. 주차장 퇴적물의 입도 분포



3.2 입자크기별 중금속 농도

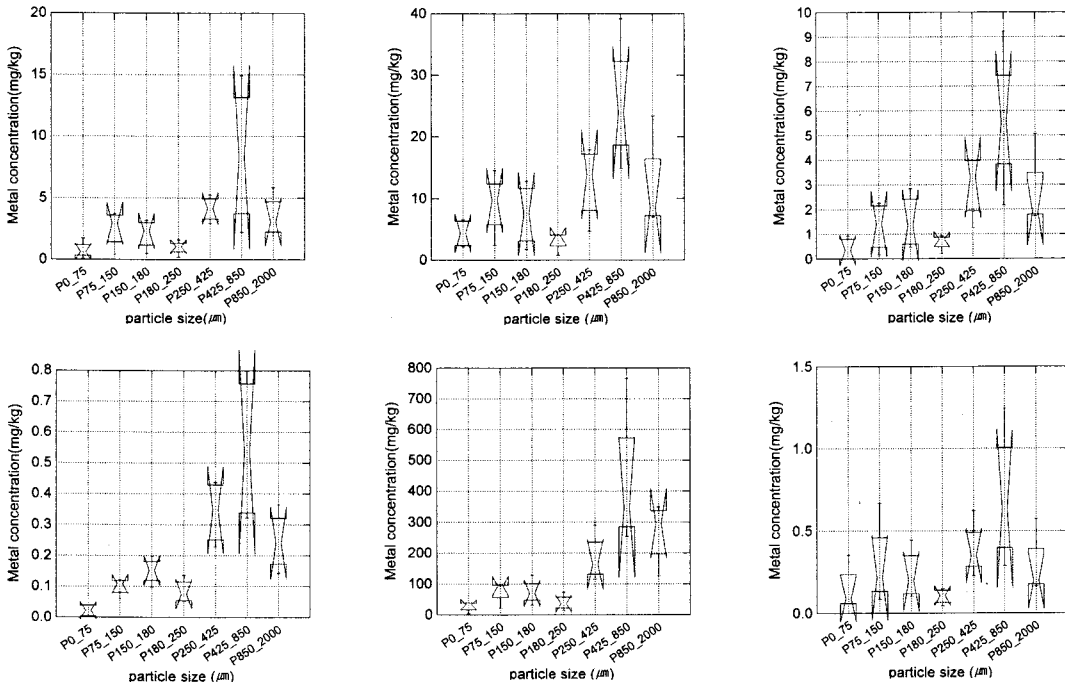
표 1은 입자크기별 평균 중금속 농도를 보여주고 있다. 입자크기가 작으면 작을수록 흡착된 중금속 농도는 더 높아지는 것으로 분석되었고, 이러한 특성은 퇴적물 처리방법을 선택하는데 있어 중요하다고 판단된다. 250 μm 입자에 대한 Zn, Cu, Pb의 농도는 가장 높은 것으로 분석되었다.

입자크기별 중금속 농도의 통계분석을 수행한 결과를 그림 4에 나타내었다. 그 결과 중금속 농도는 모든 모니터링 지점에 대하여 425-850 μm 범위에서 가장 높게 나타났다. 이 범위보다 작은 입자들은 강우시 유출되며, 250 μm 이상의 입자들은 맨홀에 축적되어 지는 것으로 보여 진다. 앞에서 제시한 입자크기 분포와 일치한 결과이다.

표 1. 입자크기별 중금속 농도

Particle-size fraction (μm)	Total metal concentration (mg/kg)						
	Cu	Zn	Pb	Cr	Fe	Ni	Cd
0-75	18.38	135.41	7.28	0.42	741.92	4.08	0.54
75-150	30.92	122.26	15.43	1.55	1031.98	3.98	0.55
150-180	31.85	107.57	22.30	3.70	1272.26	4.13	0.45
180-250	27.29	94.88	21.05	3.65	1220.47	3.58	0.40
250-425	25.88	73.98	17.54	2.43	1163.58	2.55	1.86
425-850	21.83	69.23	15.04	1.51	1154.63	1.90	0.98
850-2000	16.02	56.50	12.22	1.09	1163.74	1.30	1.91
Whole sample	22.56	77.00	15.24	1.75	1144.66	1.31	1.25

그림 5는 입자크기별 중금속 함량과 전체의 중금속 함량을 보여주고 있다. Cu, Zn 그리고 Pb의 중금속 함량 분포는 425-850 μm 사이의 입자에서 30%이상을 나타내고 있지만 Cd의 농도는 850-2000 μm 사이의 입자가 가장 큰 것으로 분석되었고, 이러한 결과는 퇴적물 제거 시설을 결정하는데 있어서 이용될 수 있다.



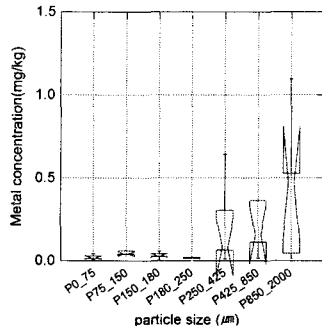


그림 4. 입자크기별 중금속 농도 통계 분석

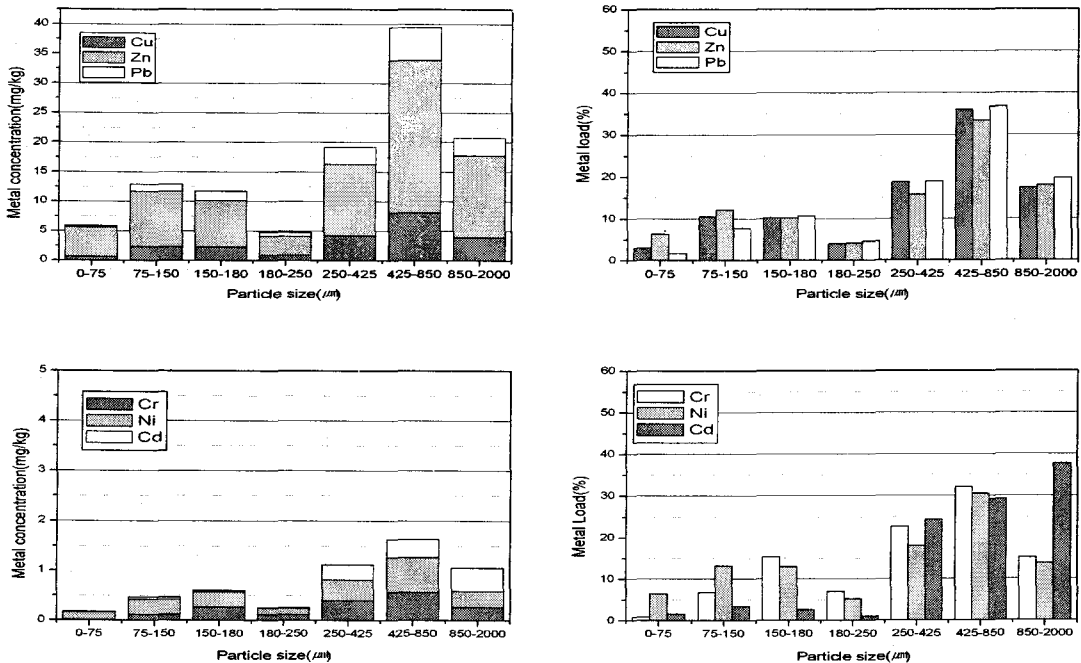


그림 5. 입자크기별 중금속 농도와 분포

3.3 Column test를 이용한 침전속도 결정

입도와 흡착된 중금속 농도와와의 관계는 제거 메커니즘을 결정하는데 이용할 수 있으며, 주차장내 퇴적물 제거를 위한 최적관리방안을 선택하는데 중요한 자료이다. 대부분의 중금속은 부유 물질과 관련이 있으며, 강우시 수계로 유입되고 있다. 고형물의 침전율을 테스트하기 위하여, 직경 30cm, 높이 150cm, 4개의 샘플링 포트를 갖는 column을 이용하였다. 그림 6은 초기 TSS농도가 625, 645, 745 그리고 1,024mg/L일때 침전 곡선을 보여주고 있으며, 그림 7은 침전속도를 나타내고 있다.

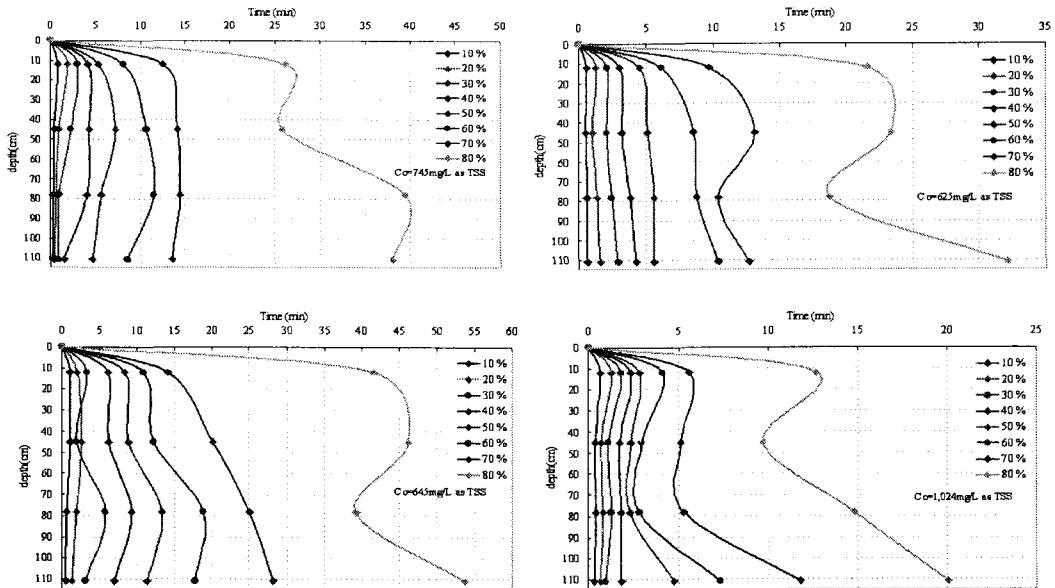


그림 6. Column test 침전 결과

80cm 침전깊이에서 침전시간은 초기 TSS농도와 관계가 없으며, 80% TSS 제거 효율 또한 초기 농도와 관련이 없는 것으로 분석되었다. 이를 침전속도로 나타낸 그림 7을 보면 0.1cm/sec의 침전속도에서 TSS가 70%정도 제거되는 것으로 분석되었다.

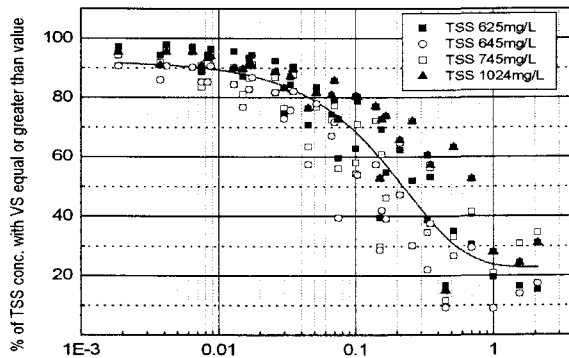


그림 7. 침전속도

4. 결론

다양한 중금속 오염원은 강우시 유출수내 부유물질에 흡착되어 질 수 있으며, 수계로 유입하게 된다. 중금속과 관련 있는 이러한 퇴적물은 수계의 바닥에 오랜 기간 축적될 수 있으며, 수질이 향상된 이후에 새로운 오염원으로 작용할 수 있다. 주차장은 불투수율이 높고 차량 활동으로 인해 매우 오염된 토지이용이다. 본 연구는 입도 분석, 각 입도별 중금속 농도와 침전속도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였고, 이러한 결과는 퇴적물에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.



- 1) 입도분석 결과 주차장 퇴적물은 425-850 μm 입자가 대부분을 차지하고 D50 입경의 범위는 모든 샘플에서 200-600 μm 로 분석되었다.
- 2) 250 μm 이하의 입자에 대한 중금속 농도가 높은 것으로 분석되었다.
- 3) 중금속 부하량은 425-850 μm 의 입자에서 높게 나타나며, 이 범위에서의 Cu, Zn, 그리고 Pb의 부하량은 전체 중금속 함량의 30%를 차지하고 있는 것으로 분석되었고, 강우시 대표적으로 유출되는 중금속으로써, 부유물질과 관련이 있다.
- 4) 침전속도의 결과는 처리시설의 용량을 결정하는데 이용할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 환경부 지정 대전충남지역 대전환경기술개발센터 과제 번호 04-2-30-31의 연구과제로 수행되었음을 밝힙니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Li, Y., Lau, S.-L., Kayhanian, M., and Stenstrom, M.K. (2005). Particle Size Distribution in Highway Runoff. *J. of Environ. Engineering*, 131(9), pp. 1267-1276.
2. Pham, M.K. and J.M. Garnier (1998). Distribution of trace elements associated with dissolved compounds (<0.45 μm -inm) in freshwater using coupled (frontal cascade) ultrafiltration and chromatographic separation. *Environ. Sci. Tech.*, 32(4), pp. 440-449.
3. Regenmorter, L., M. Kayhanian, R. Chappel, T. Burgessor, and K. Tsay. (2002). Particles and the associated pollutant concentrations in highway runoff in Lake Tahoe, California. *Proceedings of StormCon 2002 Conference*. August 2002.
4. Sansalone, J.J., S.G. Buchberger, and S.R. Al-Abed (1996). Fraction of heavy metals in pavement runoff. *Sci. Total Environ.*, 189, pp. 371-378.
5. Tuccillo, E.T. (2006). Size fraction of metals in runoff from residential and highway storm sewers. *Sci. of the Total Environ.*, 355, pp. 288-300.
6. Vignati, D. and J. Dominik (2003). The role of coarse colloids as a carrier phase for trace metals in riverine system. *Aquat. Sci.*, 65, pp. 129-142.
7. Zanders, J.M. (2005). Road sediment: characterization and implications for the performance of vegetated strips for treating road runoff. *Sci. Total Environ.*, 339(1-3), pp. 41-47.