

초기 강우 시 도로면 비점오염원 해소를 위한 유량제어 방법

한상배 · 김남호*

부경대학교

Flow Control Method for Resolving Non-Point Pollutants in Road Surface in Initial Rainfall

Sang-Bae Han · Nam-Ho Kim*

Pukyong National University

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

본 논문은 초기 강우 시 도로 면에 쌓인 비점오염이 포함된 빗물을 줄일 수 있는 유량조절 방법에 관한 것이다. 초기 강우 시 비점오염원이 강, 바다로 유입되는 것을 차단하고 하수처리장으로 흐르게 하는 것이다. 이후 시차를 통해 비점오염원이 제거된 빗물을 하천으로 안전하게 흐르게 하는 것이다.

ABSTRACT

This paper concerns a flow control method that can reduce rainwater containing non-point contamination accumulated on road surfaces during initial rainfall.

In early rainfall, non-point pollutants are blocked from entering rivers and oceans and flow to sewage treatment plants. Afterwards, rainwater, which has been removed from the non-point pollution source through jet lag, is safely flowing into the river.

키워드

Reducing non-point pollution, Controlling Flow, Intercepting Facility

1. 서 론

비점오염원(非點汚染源)이라 함은 도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등으로서 불특정장소에서 불특정하게 수질오염 물질을 배출하는 배출원을 의미한다. 비점오염원에 대비되는 개념으로서 점오염원(點汚染源)은 오염물질의 유출경로가 명확하여 수집이 쉽고, 계절에 따른 영향이 상대적으로 적은 만큼 연중 발생량 예측이 가능하여 관거 및 처리장 등 저감시설의 설계와 유지 및 관리가 용이하다.

하지만, 비점오염원은 오염물질의 유출 및 배출경로가 명확하게 구분되지 않아 수집이 어렵고 발생량이나 배출량이 강수량 등 기상조건에 크게 좌우되기 때문에 저감시설의 설계 및 유지관리가 어려운 측면이 있다.

비점오염에는 농작물에 흡수되지 않고 농경지에 남아있는 비료와 농약, 초지에 방목된 가축의 배설물, 가축사육 농가에서 배출되는 미처리 축산폐수, 빗물에 섞인 대기오염물질, 도로 노면의 퇴적물, 합류식 하수관거에서 강우 시 설계량을 초과하여 하천으로 흘러드는 오수와 빗물의 혼합수 등이 있다.

서술한 점오염원과 비점오염원은 상대적 개념으로서, 공장을 예로 들면 관거를 통해 수집되어 수질오염방지시설을 통해 처리되는 공장폐수를 배출하는 공정시설은 점오염원인 데 반해, 그 외 처리를 거치지 않고 하천으로 유출되는 강우 유출수를 배출하는 야적장 등 공장부지(敷地)는 비점오염원이라 한다.

비점오염이 도시 등의 하수시설에서 미치는 영향은 적지 않다. 도시화, 산업화에 따라 토지개발이 가속화되고 대지, 도로, 주차장 등 불투수층 면적이 늘어남에 따라 비점오염원에 의한 오염물질

* corresponding author

이 우천 시 하천, 호수 등에 갑자기 유입될 가능성이 매우 크며, 하천이나 호수 등에 유입되어 수질에 미치는 악영향도 매우 크다. 특히, 비점오염 대부분을 차지하는 토지계 오염이 수질에 미치는 영향이 권역별로 점차 증가하는 추세에 있다.

아울러, 토지개발로 인해 불투수율이 증가하면 강우시 토양으로 흡수되거나 증발되지 않고 하천으로 유출되는 빗물의 양이 증가하여 홍수의 위험이 높아지고, 지하수 함량이 줄어들어 평시에 하천의 건천화(乾川化)를 유발하는 요인이 된다.

이에 본 논문에서 초기유입되는 유입수를 탁도 센서로부터의 탁도 정보를 참조하여 게이트의 폐쇄를 위한 수위 정보를 수신하여도 바로 게이트를 폐쇄하지 않고, 소정의 시간 차이를 두고 게이트를 폐쇄함으로써 비점오염원을 해소한다.

II. 관련연구

2.1 초기 우수 시 비점오염 유출수 특성

일반적인 강우 유출수가 지표수에 미치는 영향을 산정하기 위해 식 (1)과 같은 유량 가중평균농도(EMC : event mean concentration)를 사용하는 경우가 가장 일반적이다.

$$EMC(mg/l) = \frac{\sum_{t=0}^{t=T} C(t) Q(t)}{\sum_{t=0}^{t=T} Q(t)} \quad (1)$$

$C(t)$ = t시간에서의 오염물질의 유출 농도(mg/l)

$Q(t)$ = t시간에서의 유출량 (m^2/s)

5가지 강우 사상에 대한 EMC 분석 결과는 평균적으로 총 고형물질(TSS : total dissolved solid)는 27.6 mg/l, 총 질소(TN : total nitrogen) 1.88 mg/l 그리고 총 인(TP : total phosphorus) 0.271 mg/l로 도출되었다. EMC를 비교해 볼 때, 총 강우량, 강우 지속기간 및 강우 강도가 증가함에 따라 수질 농도는 감소하는 경향으로 나타났다. 이에 따라 그림 1과 같이 초기 강우 시 탁도의 변화를 확인할 수 있다.



그림 1. Turbidity of early rainwater

2.2 차집시설 유량조절장치 시설 현황

도심지 또는 산간벽지 등에서 우수를 처리하기 위한 차집시설 유량조절장치가 시설되어 있다.

그림 2를 참조하면, 종래의 차집시설 유량제어장치는 오수와 우수가 합류하는 맨홀 내부에 설치될 수 있으며, 오수 또는 우수의 수위를 측정하기 위한 수위계, 측정된 수위에 따라 하수처리장으로 통하는 오수관을 개폐하는 게이트 밸브, 게이트 밸브를 구동하기 위한 구동부가 위치 해 있다.

수위계는 복수개의 수위를 센싱하기 위한 것으로서, 대략 제일 낮은 최저수위(L/L)를 측정하는 제 1 수위 센서, 최저수위보다 상대적으로 높은 제 1 경계수위(L)를 측정하는 제 2 수위 센서, 제 1 경계수위보다 상대적으로 높은 제 2 경계수위(H)를 측정하는 제 3 수위 센서, 그리고 제일 높은 최고수위(H/H)를 측정하는 제 4 경계수위 센서가 설치되어 있다. 제어부는 수위계로부터 수위에 관한 신호를 실시간으로 수신할 수 있으며, 수신된 신호들을 참조하여 중앙관제센터로 수위 정보를 전달하거나 게이트 밸브의 개폐를 조절한다.

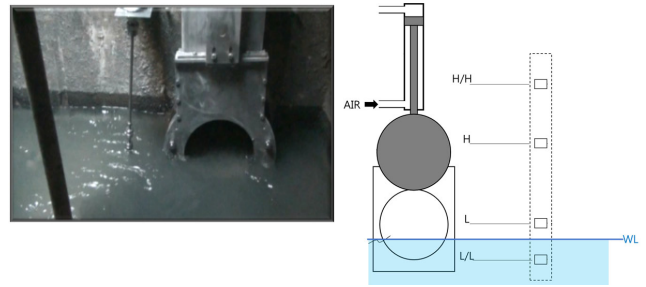


그림 2. Controlling flow in intercepting facility

우선, 그림 2를 보면, 비가 오지 않거나 아주 적게 오는 경우, 차집시설 내의 수위는 최저수위 근처 또는 제 1 경계수위 이하에서 유지될 수 있다. 이 경우 게이트 밸브는 개방된 상태를 유지할 수 있으며, 구동부는 공압 실린더로서 게이트 밸브가 열린 상태를 유지한다.

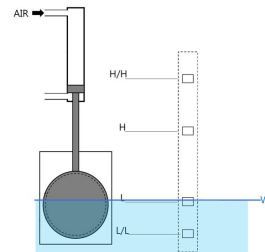


그림 3. Low level

그림 4를 보면, 유량제어장치마다 다르게 작동할

수 있지만, 수위가 제 1 경계수위에 도달하거나 이를 과도하게 되면, 제어부는 구동부를 작동시키고, 게이트 밸브가 하강하여 오수관로를 차단한다.

게이트 밸브는 하수 처리장으로 많은 우수가 방류되는 것을 방지하는 기능도 하므로, 그림 4와 같이 수위가 계속 증가하여도 게이트 밸브는 닫힌 상태를 유지한다.

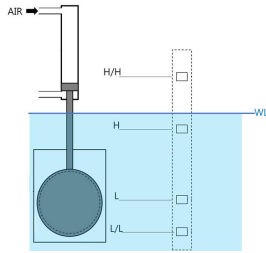


그림 4. High level

위와 같이 작동하는 종래의 차집시설 유량제어 장치에 따르면, 우천 시 수위가 급격하게 증가하면, 게이트 밸브가 일찍 닫히게 되고, 비점오염원이 차집시설로 유입된 상태에서 하수 처리장으로 이동하지 못하고 불어난 우수와 함께 다시 외부로 넘쳐 하천이나 호수로 유입될 수 있다는 문제점이 발생한다.

III. 차집시설 유량조절장치 개량 연구

3.1 연구과제

본 논문은 비점오염의 유입을 고려하여 비점오염원이 하천이나 호수 등으로 유입되지 않고 안전하게 하수 처리장으로 이동시킬 수 있는 차집시설 유량제어장치를 제공한다.

종래의 차집시설 유량제어장치를 개선하여 개선된 기능 및 개선된 알고리즘을 구현할 수 있는 차집시설 유량제어장치를 제공한다.

3.2 연구 해결 수단

차집시설 내에 설치되는 수위계(level gauge)로부터의 수위 정보를 수신하는 제어부, 제어부를 통해 차집시설과 외부로 연결하는 오수관로를 개폐하는 게이트, 게이트를 구동하기 위한 구동부를 포함하는 차집시설 유량제어장치는 적어도 하나의 탁도 센서(turbidity sensor)를 포함하며, 수위계는 게이트의 폐쇄를 위한 수위 정보를 제어부로 전달되 제어부는 탁도 센서로부터의 탁도 정보를 참조하여 게이트의 폐쇄를 위한 수위 정보를 수신하여도 바로 게이트를 폐쇄하지 않고 소정의 시간 차이를 두고 게이트를 폐쇄한다.

차집시설 내에 설치되는 수위계, 수위계로부터의 수위 정보를 수신하는 제어부, 제어부를 통해 차집

시설과 외부로 연결하는 오수관로를 개폐하는 게이트, 및 게이트를 구동하기 위한 구동부를 포함하는 차집시설 유량제어장치의 제어 방법은, 차집시설내에 적어도 하나의 탁도 센서를 제공하는 단계, 제어부가 수위계로부터의 수위 정보 및 탁도 센서로부터의 탁도 정보를 수신하는 단계, 및 제어부는 수위 정보 및 탁도 정보를 참조하여 게이트를 폐쇄하는 단계를 포함한다.

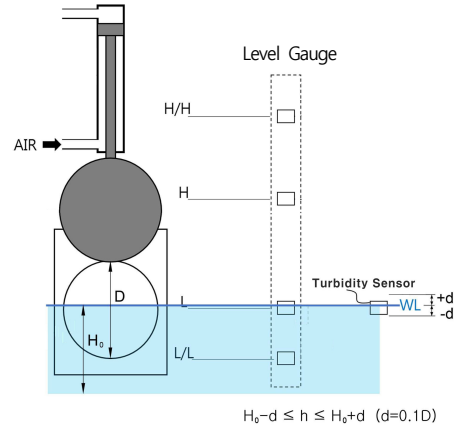


그림 5. Turbidity sensor diagram

여기서 제어부는 수위계로부터 게이트의 폐쇄를 위한 수위 정보를 수신하여도 바로 게이트를 폐쇄하지 않고, 소정의 시간 차이를 두고 게이트를 폐쇄할 수 있다.

특히, 제어부는 소정의 대기 시간을 대기한 후 게이트를 폐쇄하거나, 그림 5와 같이 탁도 센서로부터의 탁도 정보가 소정의 탁도 경계 이하인 경우에 게이트를 폐쇄할 수 있다. 여기서 탁도 경계는 25~50 NTU의 범위에서 선택될 수 있다.

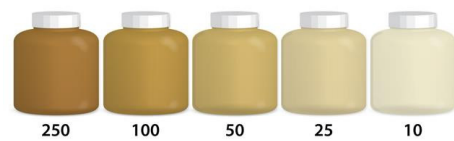


그림 6. Turbidity(NTU)

탁도 센서는 그림 5와 같이 오수관로의 중심 높이에 대응하는 높이에 위치하는 것이 바람직하며, 서술한 바와 같이, 오수관로의 중심 높이(H_0)를 기준으로 오수관로의 상하 치수(D)의 10%에 해당하는 오차 범위(d) 내에 위치하도록 조절될 하도록 한다.

더 구체적으로 탁도 센서는 오수관로의 중심 높이를 기준으로 오수관로의 상하 치수의 10%에 해당하는 오차 범위 내에 위치할 수 있다. 즉, 이에 따라 탁도 센서의 설치 높이(h)는 $H_0 - d \leq h \leq H_0 + d$

H_0+d ($d = 0.1D$)의 범위에서 결정되는 것이 바람직하다.

수위계는 제 1 경계수를 위한 제 2 수위 센서 및 제 1 경계수위보다 높은 제 2 경계수위를 위한 제 3 수위 센서를 포함할 수 있으며, 수위 정보를 제어부로 전달한다.

수위계는 제 1 경계수위 및 제 1 경계수위보다 높은 제 2 경계수위에 대한 수위 정보를 제어부로 전달하며, 제어부는 수위가 증가하는 우천 시 제 1 경계수위에서 게이트를 원칙적으로 폐쇄하되, 제어부는 탁도 정보를 참조하여 제 1 경계수위에서도 바로 게이트를 폐쇄하지 않고, 소정의 시간 차이를 두고 게이트를 폐쇄하도록 한다.

그림 7을 참조하면, 우천 시 수위가 제 1 경계수위에 대응하는 중수위에 도달하는 경우, 제어부는 탁도 센서로부터 수신한 탁도 정보를 참조할 수 있으며, 탁도 정보가 소정의 탁도 이상이며, 바로 게이트를 닫지 않고, 소정의 시간 차이를 두고 게이트가 닫히게 한다.

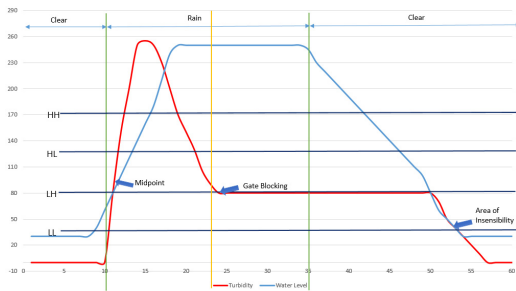


그림 7. Initial flow rate vs Turbidity change

References

- [1] M. Y. Song, "Proposed Guidance for Developing and Managing Nonpoint Pollutants Treatment Facility", in *Gyeonggi Province, Gyeonggi Research Institute*, Nov. 2018.
- [2] S. L. Yun, S. K. Kim, and P. J. Kwak, "Development of Technology for Water Quality Monitoring in Non-point Source Reduction Facilities", *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, pp. 1829-1830, Oct. 2014.
- [3] S. M. A. Shakil, J. Y. An, D. H. Han, and W. Y. Chung, "Visible Light Communication Based Wide Range Indoor Fine Particulate Matter Monitoring System", *Journal of the Korea Institute of Convergence Signal Processing*, vol. 20, no. 1, pp. 16-23, Mar. 2019.
- [4] H. J. Cho, "Trend of Road Non-point Pollution Treatments in Korea", *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, vol. 62, no. 10, pp. 34-38, Oct. 2014.

IV. 결 론

2013년부터 환경부에서는 저영향개발방안을 도입하여 사전예방, 강우유출 저감을 유도하는 방향으로 비점오염원 관리방향을 전환하고 있다. 관계부처 합동으로 수립한 '제 2차 비점오염원 관리 종합대책(2012~2020)'에 따르면 물순환구조개선을 통한 강우유출량 저감을 위해 저영향개발 적용확대, 비점오염저감형 그린빗물인프라 조성 등을 포함하도록 하고 있다.

이를 위해서 본 논문에서는 차집시설 유량제어장치를 활용하여 비점오염의 유입을 고려하여 비점오염원이 하천이나 호수 등으로 유입되지 않고 안전하게 하수 처리장으로 이동시킬 수 있는 제 2차 오염원을 방지하는 방안을 마련하고 있다.

특히, 차집시설 유량제어장치는 종래의 유량제어장치를 개선한 것으로서, 보다 개선된 기능을 포함하며 환경오염으로부터 도시환경 등을 보호할 수 있다.