

A comparative study on the performance of pumping station by changing measurement methods and operational logic

빗물펌프장 계측방식과 운영 로직에 따른 거동 비교 연구

Gunyoung Lee¹ · Hyunwook Beak² · Jaena Ryu¹ · Taehyoung Kim² · Jeill Oh^{1*}

이건영¹ · 백현욱² · 류재나¹ · 김태형² · 오재일^{1*}

1 중앙대학교 사회기반시스템공학부 · 2 중앙대학교 기계공학부

Abstract : On-off control performance of target pumping station was experimented by changing measurement methods for storage level or inflow and operating logic for control system setting. Four scenarios with different measurement methods and operational logic were examined in the Matlab/Simulink environment. Controller's on-off control repetition that was frequent before has been reduced and more effective and stable system operation was found to be possible with the scenarios. Moreover, defensive operation enforced prevention of floods by changing measurement methods enabled economic operation that made an utmost use of storage volumes.

Key words : pumping station, control system, measurement methods, operational logic

주제어: 빗물펌프장, 제어시스템, 계측방식, 운영 로직

1. 서론

최근 기후변화에 따른 국지성 집중호우가 빈번히 발생함에 따라 도시 내 저지대 침수 및 배수 불량으로 인한 내수(內水)피해가 해마다 증가하고 있다. 따라서 서울시의 경우 기상이변에 대응하기 위하여 2007년 이후부터 관내 빗물펌프장 시설능력을 10년 빈도 강우 기준 계획우수량에서 30년 빈도 강우 기준으로 상향하도록 하고, 꾸준히 펌프 용량 증설 사업(총 82개 사업 추진)을 진행하고 있다. 하지만 이러한 펌프장 신·증설 사업은 많은 예산과 기간이 소요되는 문제점이 있으

므로 기존 펌프장 시설의 효율 증대와 운영 최적화를 위한 방안을 사전에 먼저 검토하여 개선하는 것이 바람직하다.

도시 내 빗물펌프장은 강우 시 방류하천 외수위가 상승하여 자연유하에 의해 유출수(runoff)를 배제할 수 없을 경우 펌프에 의하여 강제 배수하기 위한 시설로서 펌프시설, 우수지(펌프 토출능력을 초과하는 유량을 일시 저류하기 위한 시설) 및 부속시설 등으로 구성되어 있으며, 주민의 재산과 생명을 보호하기 위한 중요한 도시방재 기반 시설이다(환경부, 2010). 도시 내에 불투수면 증가와 빠른 배수를 위한 하수관로 시스템의 특성에 따라 펌프장의 운영은 점차 신속성과 고도의 판단이 요구되고 있다. 따라서 인간의 감각과 경험에 의존하는 방식에서 탈피하여 수집된 정보를 바

* Received 4 October 2012, revised 10 December 2012, accepted 14 December 2012.

* Corresponding author: Tel.: +82-2-820-5339, Fax: +82-2-812-1834, E-mail: ohjeill@cau.ac.kr

탕으로 과학적이고 체계적인 운영을 할 수 있도록 전국적으로 CCTV 감시체계 및 펌프 계측·제어 방식을 도입한 원격제어감시시스템 방식으로 전환되고 있다(환경부, 2010). 그럼에도 불구하고 아직까지 많은 펌프장에서는 관리자가 하천수위, 강우의 상태 및 과거의 펌프 운전경험을 바탕으로 단순히 유수지의 수위를 가능한 낮게 유지하는 경험적인 수동운영을 지속하고 있는 실정이다(국토해양부, 2006).

현재 국내의 대부분 빗물펌프장에서는 펌프가 유수지의 수위에 따라 자동으로 작동되는 자동 운영시스템이 설치되어 있다. 그러나 적절한 펌프 운영 기준이 각 펌프장마다 명확하게 제시되어 있지 못하고, 강우에 따른 유수지로의 유입량의 변화 특성 및 상류지역의 하수관로의 침수 위험 등은 고려하지 않은 채 단순히 펌프장 내 유수지의 수위에 따라 운영되도록 되어 있다. 또한 자동운영시스템에 대한 현장 실무자의 인식 부족 및 신뢰성 부족으로 집중호우 시에는 관리자의 경험에 의존하여 수동으로 가동되고 있어 빗물펌프장의 성능을 충분히 발휘할 수 없는 실정이다(국토해양부, 2008).

빗물펌프장을 대상으로 하는 원격제어감시시스템의 경우, 유수지 수위 변화를 감지하는 센서(sensor)부, 센서에서 받은 정보를 가공하여 제어 신호를 생성하는 제어(controller)부 및 제어부의 명령신호(주로 switch 개폐)를 수행하는 액츄에이터(actuator; 예, 펌프와 수문)로 구성되어 있으며, 일반적으로 펌프는 정상상태 토출량을 기준으로 온-오프로 스위칭 되고 수문 역시 개폐로 결정된다. 빗물펌프장의 구조는 유수지와 펌프로 이뤄져 있어 상대적으로 낮은 복잡성을 갖는 특징이 있으므로 가장 기본적인 제어 방식의 하나인 온-오프 제어 기법의 고도화를 통해서도 성능의 최적화 구현이 달성될 수 있다. 또한, 유역의 유출수문곡선을 예측하고 대응하는 방안은 실제 빗물펌프장에 적용함에 있어서 유역유출모형 분석의 한계와 랜덤하게 변화하는 강우로 인해 신뢰성의 문제를 야기하는 것이 사

실이다. 이에 예측 제어보다 실제 계측장비를 이용한 제어 기법을 기반으로 빗물펌프장의 원격 제어감시시스템을 구축하는 것이 실용적 측면에서 보다 타당한 방법이라 할 수 있다.

본 연구에서는 계측방식의 변화(내수위/유입량)와 이를 활용하는 제어 로직의 변화가 빗물펌프장 시스템의 운영에 있어서 어떠한 효과를 나타내는지 밝히고자 한다. 이를 위해 본 논문에서는 유수지의 내수위, 유수지 유입량(유입직전의 지점/유수지까지 유달시간을 가지는 이격지점)이 실시간으로 계측된다고 가정하고, 이러한 3개의 계측값을 효과적으로 활용할 수 있는 제어 로직들을 개발, 이들을 기반으로 하는 총 4개 버전의 빗물펌프장 시뮬레이터를 개발하였다. 또한 이를 활용하여 계측값과 운영 로직의 변화에 의해 달성될 수 있는 기대 효과를 제어기 온-오프 작동의 반복성, 총 펌프 토출량, 최대 내수위의 비교를 통해 검토하였다.

2. 연구대상지역

본 연구에서 고려하는 빗물펌프장의 현황은 “빗물펌프장 시설능력 향상을 위한 기본 및 실시 설계 [증설1지역][대상빗물펌프장] 보고서”(서울특별시, 2010)를 참고하였다. 대상 빗물펌프장은 현재 증설 중이지만, 본 연구에서는 증설 전의 시설현황을 기준으로 시뮬레이터를 구축하였으며, 자세한 시설 현황 및 빗물펌프장 모식도는 각각 Table 1과 Fig. 1에 나타내었다. 또한 앞서 제시한 내수위 및 유량의 계측 지점들도 Fig. 1의 모식도에 표시하였다.

3. 연구방법

본 연구에서는 이·공학 분야에서 폭넓게 사용되고 있는 MATLAB/Simulink를 기반으로 실제 빗물펌프장의 제원 구현 및 대상 시스템의 동적 거동을 검증하기 위한 시뮬레이션 소프트웨어를 개발하였다. 실시간으로 계측되는 데이터는 내수위, 유수지 유입직전의 유입량, 유수지 유입

Table 1. Details of target pumping station

Item	Details	
Location and catchment	Location	- ○○-Dong, ○○-Gu, Seoul
	Catchment area	- 92.4 ha
	Project water level	- EL. 17.05 m
	Catchment district	- ○○-Dong & ○○-Dong, ○○-Gu, Seoul
Storage	H.W.L	- E.L 12.0 m
	L.W.L	- E.L 9.0 m
	Initial pump operating level	- E.L 9.6 m
	Storage volume	- Existing : 2,900 m ³ - Extension : 4,600 m ³
	Storage area	- 1,080 m ²
Pumping station	Design frequency	- Existing : 10-year design storm - Extension : 30-year design storm (Critical duration : 60 min, Concentration time : 30 min)
	Pump outflow	- Existing : 102 m ³ /min × 2 ea 200 m ³ /min × 4 ea - Extension : 358 m ³ /min × 2 ea
	Pump (Mixed-flow pump)	- Existing : Ø900 mm × 2 ea Ø1,200 mm × 4 ea - Extension : Ø1,500 × 2 ea
	Channel	<ul style="list-style-type: none"> Discharge sewer : 3.0 m × 2.0 m × 1 ea Pressure water channel - Existing : Ø900 mm × 2 ea Ø1,200 mm × 4 ea - Extension : Ø1,500 × 2 ea

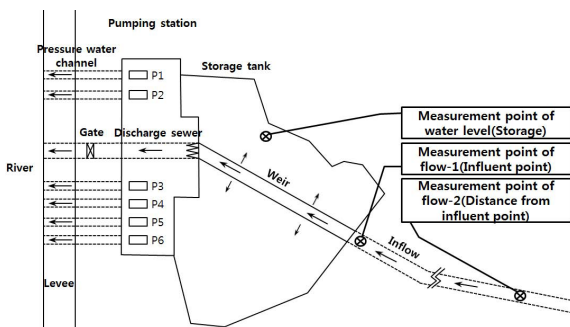


Fig. 1. Diagram of the target pumping station and measurement points

지점으로부터 평균 약 2분의 유달시간을 가지는 이격지점의 유입량이라 가정하고, 이러한 3개의 계측값을 이용하여 빗물펌프장 운영을 모의할 수

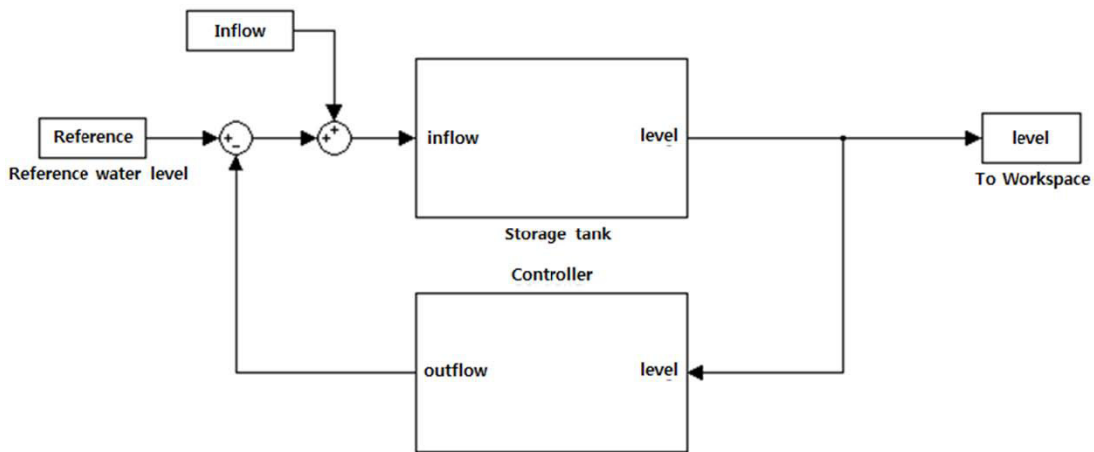
있는 시뮬레이터를 구축하였다(Fig. 2).

Fig. 2(a)는 빗물펌프장의 블록선도(Block diagram)이다. 이는 자동제어계에서 신호전달 방법을 나타낸 선도이며, 2개 Subsystem block 으로 구성되어 있다. 우수지(Storage tank) 블록에서는 우수지의 유출량(Outflow)과 유입량(Inflow)에 따라 변화되는 우수지 내수위(Level)를 계산하고 이 값은 컨트롤러(Controller) 블록에서 입력값으로 받아 펌프의 온-오프를 결정하게 된다. 여기서 Reference water level 은 하천 수위를 말한다. Fig. 2(b)는 컨트롤러 블록의 제어기 모식도로써 자연방류수문 제어기와 펌프의 온-오프 제어기로 구성되어 있다. 수문의 개폐에 따른 자연방류량(Natural outflow)과 펌프 온-오프에 따른 펌프토출량(Pump)이 합산되어 유출량(Outflow)이 산정된다. 다음의 Fig. 2(c)는 빗물펌프장 펌프제어시스템 알고리즘 순서도를 나타내었다. 이와 같은 과정을 통해 자연방류수문과 펌프를 제어하게 된다.

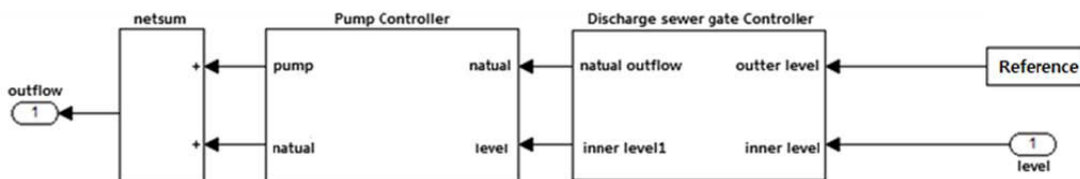
이때 샘플링 타임은 1분으로 설정하였으며, 펌프는 기계의 동특성을 고려하여 최소 3분 동안 가동되도록 하였으나, 우수지의 내수위가 저수위로 하향할 경우 펌프에 부정적 영향을 미칠 수 있으므로, 내수위가 EL. 9.3 m가 될 경우 모든 펌프를 정지시키도록 설정하였다. 자연방류수문의 경우, 외수위가 내수위 또는 자연방류관로의 종점을 초과하게 되면 폐쇄하도록 설정하였다. 상기의 설정을 바탕으로 각기 다른 빗물펌프장 운영 로직이 적용된 총 4개 버전의 시뮬레이터를 개발하였으며, 이에 관한 상세 사항은 Table 2에 나타난 바와 같다.

3.1 빗물펌프장 운영 로직 - Rule 1

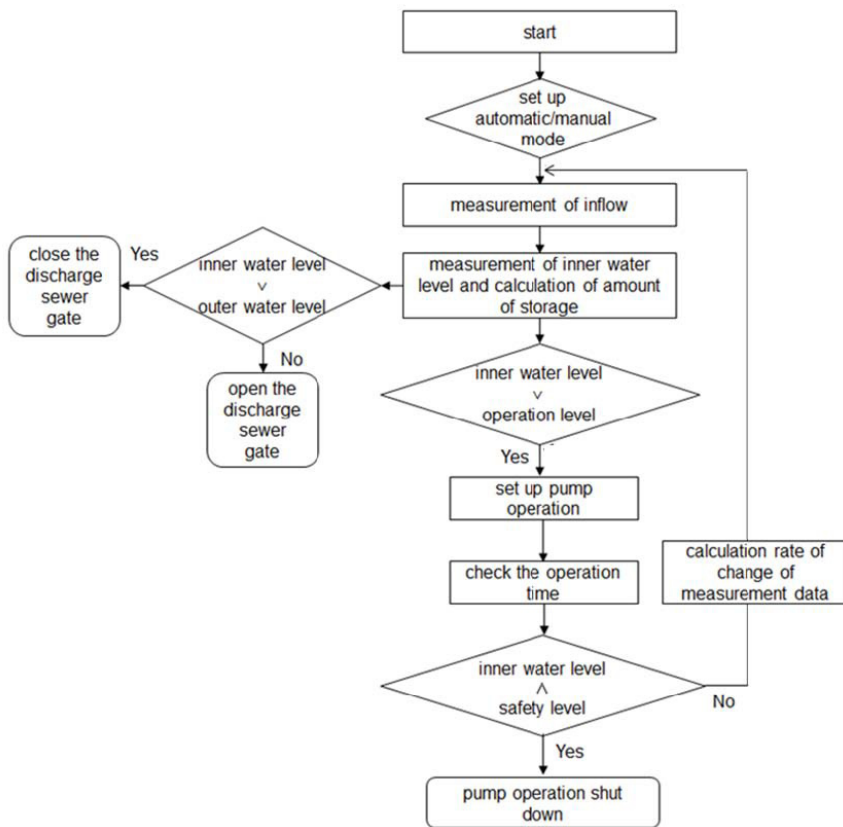
Rule 1은 우수지의 내수위에 따라 펌프를 가동시키는 일반적인 방식을 의미한다. 이는 대상 빗물펌프장이 수동으로 운영 중이며 초기펌프 가동수위 외에는 구체적인 운영 방법이 설정되어 있지 않으므로, 우수지의 수위에 따라 운영되



(a) Block diagram of pumping station controller



(b) Schematic diagram of discharge sewer gate controller and pump on-off controller



(c) flowchart of pumping station control system

Table 2. Summary of pump operation logic and data used

Pump operation logic	Data measured	Summary of operation logic of pumping station
Rule 1	Inner water level	<ul style="list-style-type: none"> Set up the pump operating level. According to inner water level, Operating a certain number of pump
Advanced rule 1		<ul style="list-style-type: none"> Until next sampling time, operating the pump, in order to decrease inner water level by initial pump operating level Depending on the rate of change of inner water level, Maintaion or decrease/increase the pump operation.
Rule 2	Storage tank inflow① (Influent point)	<ul style="list-style-type: none"> $\text{Inflow}① \leq \text{Pump outflow}$ Depending on the rate of change of inflow water level, Maintain or decrease/increase the pump operation.
Rule 3	Storage tank inflow① (Influent point) + Storage tank inflow② (The point located about 2 minutes away from influent point)	<ul style="list-style-type: none"> $(\text{Inflow}① + \text{Inflow}②) / 2 \approx \text{Pump outflow}$ Depending on the rate of change of inflow water level, Maintaion or decrease/increase the pump operation.

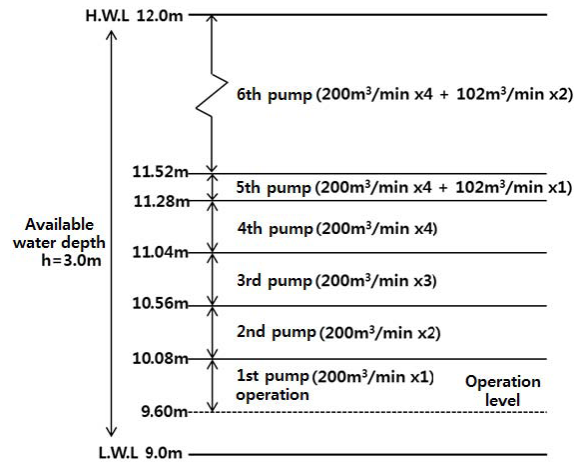


Fig. 3. Operation logic of pumping station - Rule 1

이는 필요한 만큼의 펌프토출량을 산정하여 펌프를 가동시키므로 Rule 1보다 적절한 수의 펌프 가동을 가능하게 한다. 또한, 이전 계측 순간부터 현재까지의 우수지 내수위의 변화율을 측정하고 이러한 변화율이 다음 계측 시점까지 지속될 것이라 가정하여, 이를 근거로 추가적으로 펌프를 유지시키거나 증가 및 감소시키는 메커니즘을 도입하였다. 이는 우수지 내수위가 급증/급감 할 경우를 대비함과 동시에 펌프의 잦은 온-오프 작동을 사전에 미리 방지하여 빗물펌프장이 보다 안정적으로 운영되도록 한다.

는 가장 일반적인 빗물펌프장 운영을 모식하기 위한 시뮬레이터이다. 초기펌프가동수위인 EL. 9.6 m부터 펌프가 가동되며, 일정 수위마다 펌프를 추가 가동시키고 EL. 11.52 m가 되면 전체 펌프를 가동시키도록 설정하였다(Fig. 3).

3.2 빗물펌프장 운영 로직 - Advanced rule 1

Advanced Rule 1은 Rule 1과 같이 우수지 내수위를 계측값으로 사용한다. 하지만 사전에 정해진 수위 기준에 따라 펌프를 가동시키는 방식이 아닌, 현재의 수위를 다음 샘플링 타임까지 초기펌프가동수위로 하향시킬 수 있는 펌프토출량을 산정하여 온-오프 작동을 결정하게 된다.

3.3 빗물펌프장 운영 로직 - Rule 2

우수지 내수위는 우수지 유입량, 펌프토출량, 자연방류량에 의해 유동적으로 변화되기 때문에, 우수지 유입량을 계측하여 제어에 이용함으로써 보다 민첩한 대응효과를 기대할 수 있으며 적절한 펌프의 온-오프 작동을 결정할 수 있게 한다. Rule 2는 우수지 유입직전의 유입량을 계측하여 입력값으로 사용한다. 샘플링 타임마다 계측되는 유입량과 자연방류량을 계산하고, 이를 통해 얻어진 우수지 유량의 증가량보다 큰 토출량을 갖도록 펌프를 가동시킨다. 이러한 방식은 우수지 내수위를 초기펌프가동수위로 지속적으로 유지시키게 한다. 또한, Advanced Rule 1

과 마찬가지로 이전 계측 시점부터 현재까지의 우수지 유입량의 변화율이 다음 계측 시점까지 지속될 것이라 가정하고, 이를 기준으로 추가적으로 펌프를 유지시키거나 증가 및 감소시키는 메커니즘을 도입하였다.

3.4 빗물펌프장 운영 로직 - Rule 3

Rule 3에서는 Rule 2를 보다 구조적으로 개선하여 빗물펌프장 운영의 효율성을 증대시키고자 하였다. 이는 우수지까지 2분의 유달시간을 가지는 이격지점에서 유입량을 추가로 계측하여, 현재의 우수지 유입량과 2분 후의 우수지 유입량을 입력값으로 사용한다. Rule 2의 경우 다음 계측 시점까지의 우수지 유입량 변화를 알 수 없기 때문에 방어적으로 우수지 유량의 증가량보다 크게 펌프토출량을 설정해야 하지만, Rule 3의 경우 현 시점 이후의 우수지 유입량 정보가 사전에 획득됨으로 우수지 유량의 증가량에 비례하여 펌프토출량을 설정하게 된다. 즉 본 방식에서는 현재 시점의 우수지 유입량과 2분 뒤의 우수지 유입량의 평균값과 가장 유사한 토출량을 갖도록 펌프 가동 대수를 결정하게 하였다. Rule 2의 경우에는 현재 시점의 우수지 유입량이 다음 계측 시점까지 유지된다고 가정하였지만, Rule 3에서는 2분 뒤의 우수지 유입량을 효율적으로 활용하여 변화될 우수지 유입량을 근거로 시스템을 제어하게 된다. 이는 미래의 유입량 정보를 사전에 획득하여 적절히 대응하는 토출량을 결정하도록 함으로서 가장 경제적으로 빗물펌프장 운영 효과를 기대할 수 있도록 한다.

본 연구에서 개발한 빗물펌프장 시뮬레이터는 다음의 가정을 기초로 구축되었다. 첫째, 계측장비와 제어장치간의 정보 누락 및 딜레이는 없다고 가정한다. 둘째, 자연방류관로의 수문 개/폐장치 및 펌프 등의 과도적 동적 특성은 고려하지 않는다. 따라서 이들의 정상 상태 거동만을 고려한다.

4. 시뮬레이터 운영 결과 및 고찰

본 연구에서는 우수지의 유입량이 계측 가능하다고 가정하고, 이를 효과적으로 활용하는 빗물펌프장 시뮬레이터를 개발하였다. 우수지의 유입량이 많고 적은 2가지 경우를 시뮬레이션으로 검증하기 위하여, 시뮬레이터의 입력값은 많은 우수지 유입량과 적은 우수지 유입량, 2개의 우수지 유입량을 랜덤하게 설정하였다(Fig. 4).

많은/적은 우수지 유입량의 최대 유량은 각각 13.06 m³/sec, 6.99 m³/sec이고 많은 우수지 유입량의 경우 2011년 7월 27일 발생한 최대강우강도 114 mm/hr, 총강우량 282 mm을 기록한 강우사상, 적은 우수지 유입량의 경우 2009년 7월 9일 발생한 최대강우강도 54 mm/hr, 총강우량 186.5 mm인 강우사상을 적용했을 경우 대상 유역에서 발생하는 유입량에 해당한다. 대상 펌프장의 설계 빈도가 10년인 기존의 상태에서 모의를 가정하는 방향으로 설계된 우수지의 허용용량을 초과하지 않는 상태에서 운영 로직의 변화를 통한 효과를 모의하기 위하여 우수지 유입량은 다소 보수적으로 설정하였다. 이러한 2가지 유입량을 적용하여 모의 실험을 수행한 결과는 Fig. 5, 6과 같다.

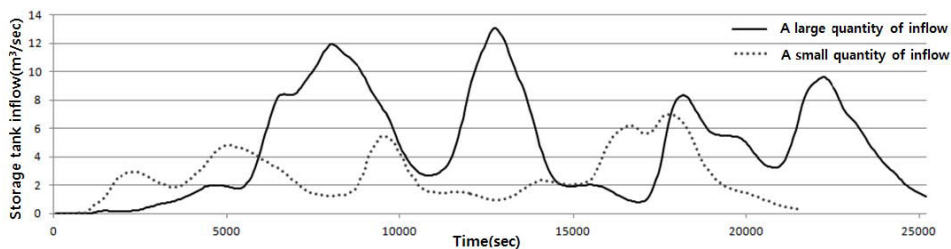


Fig. 4. Storage tank inflow(large/small) hydrograph

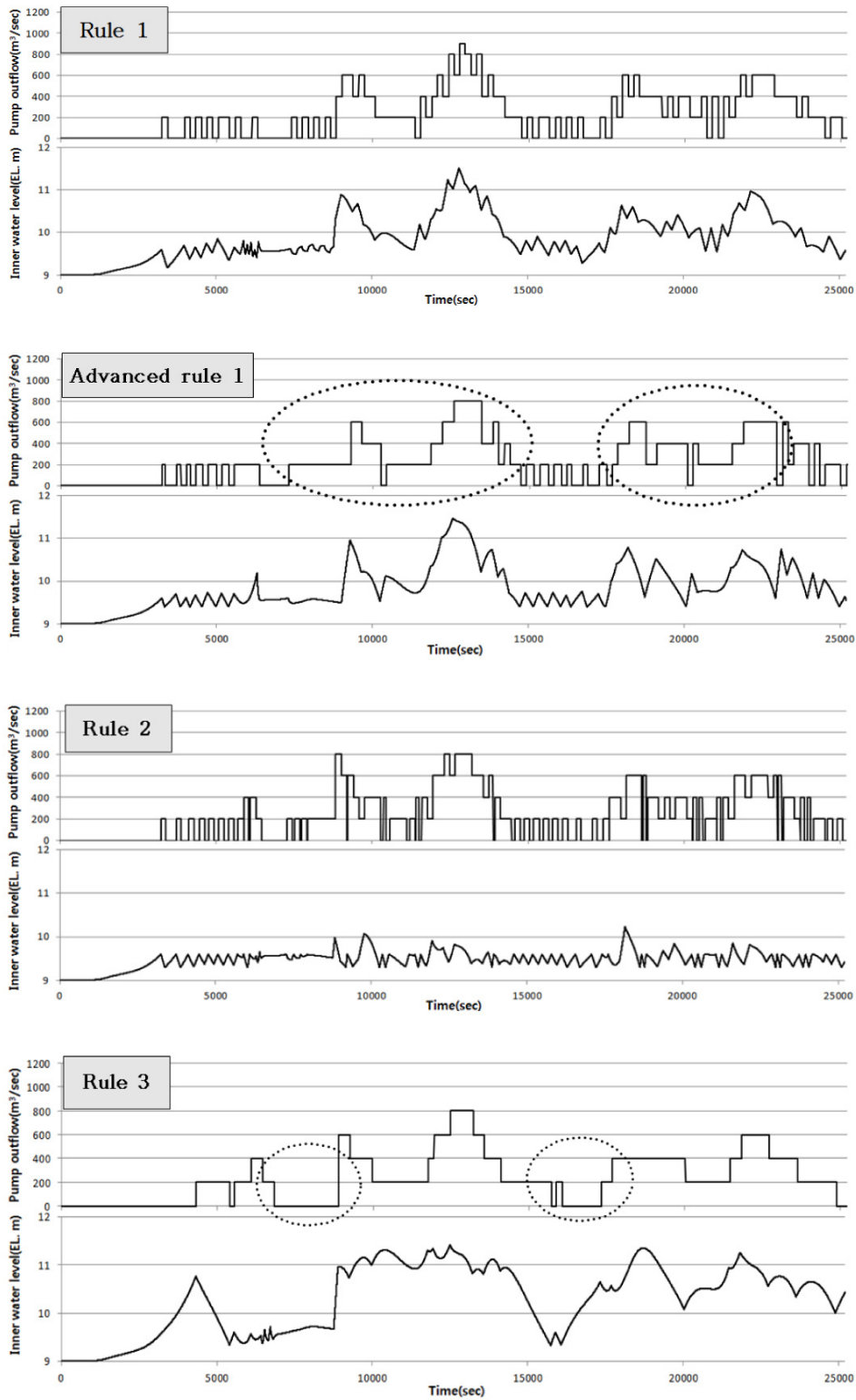


Fig. 5. Results of pumping station simulation applied a large quantity inflow

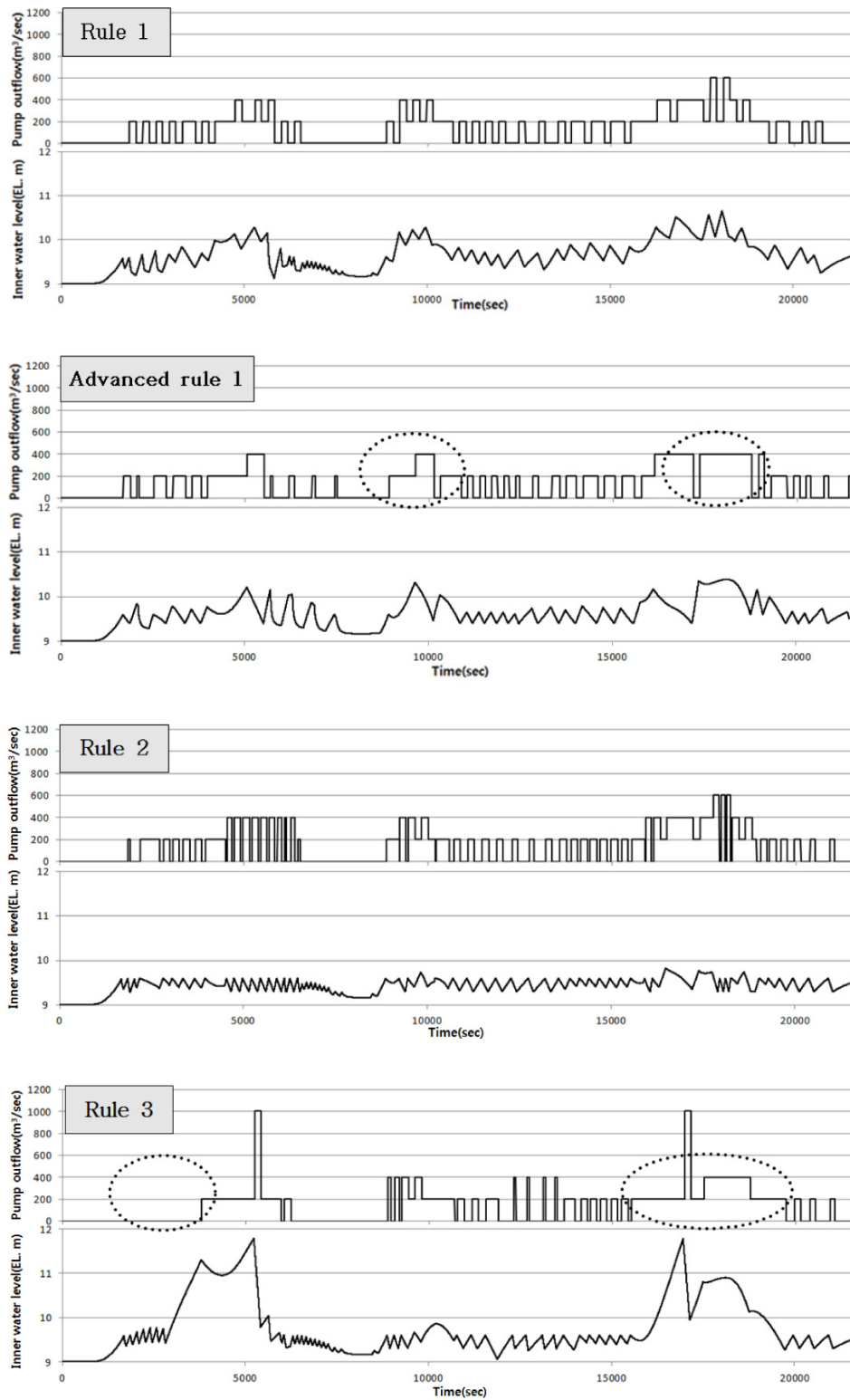


Fig. 6. Results of pumping station simulation applied a small quantity inflow

앞서 얻어진 빗물펌프장 시뮬레이터 운전 결과 중 총 펌프토출량(m^3/sec)과 최대 내수위(El. m)를 비교하기 위해 표로 나타내었다(Table 3).

같은 계측값(유수지 내수위)을 사용하는 Rule 1과 Advanced rule 1을 비교하면, Advanced rule 1이 전체적으로 펌프의 온-오프 작동 빈도가 많은/적은 유수지 유입량에서 각각 28 %, 8 % 감소하였으며, 이 경우의 최대 내수위가 보다 낮게 유지되었다. 또한 적은 유수지 유입량을 적용한 경우에서도 최대 내수위가 더 낮으면서 총 펌프토출량도 적은 것을 확인할 수 있었다. 이는 유수지 내수위에 따라 필요한 펌프토출량을 계산하여 펌프 가동 대수를 결정하는 Advanced rule 1이 좀 더 유연하게 대응할 수 있음을 입증한다.

가장 방어적인 로직이 적용된 Rule 2의 경우, 총 펌프토출량이 가장 많으므로 최대 내수위는 가장 낮고 이를 지속적으로 유지하는 것을 확인할 수 있다. 이는 수방능력 측면에서 가장 우월하다고 볼 수 있지만, 낮은 수위를 유지하기 위해 Fig. 5, 6에서 보여지는 바와 같이 펌프의 온-오프 작동 빈도가 Rule 1에 비해 1.4배 높은 119회, 105회를 기록하여 가장 잦음을 확인할 수 있다. 따라서 Rule 2는 장마기간 등 집중강우가 예상되는 경우에 적합하고 할 수 있다.

Rule 3은 모의 결과 총 펌프토출량이 4개 중에서 가장 적게 나타났다. 또한, Rule 1, 2의 경우 펌프를 가동시키는 구간에서 Rule 3의 경우 펌프를 가동하지 않고 자연방류와 유수지 용량을 이용하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 이후

의 유수지 유입량을 미리 예측하여 필요한 펌프 토출량을 적절하게 산정하여 펌프를 가동시키기 때문이며, 유수지의 용량을 최대한 활용하는 가장 경제적인 방법이라고 볼 수 있다. 이로 인하여 다른 시뮬레이터에서 가동 중인 구역에서도 펌프를 가동하지 않고 대기하는 거동을 보이며, 적절한 펌프토출량을 가동하여 온-오프 반복이 2개 유입량에 대하여 26회, 53회로 가장 적었고, Rule 1에 비하여 최대 69 % 감소되는 효과가 나타났다.

많은 유수지 유입량에서는 일반적인 운영로직인 Rule 1보다 비구조적 개선이 된 Advanced rule 1과 구조적 개선이 이루어진 Rule 3은 총 펌프토출량이 많지만 최대 내수위가 낮게 나타나 수방능력이 더 우수하다고 보이고, 적은 유수지 유입량 적용시에는 총 펌프토출량이 적어 상대적으로 위험성이 적을 때에는 경제적인 운영을 했다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 계측방식의 변화(내수위/유입량)와 이를 활용하는 제어 로직의 변화가 빗물펌프장 시스템 운영에 미치는 효과를 펌프토출량, 유수지 최대 내수위를 기준으로 나타내었다. 펌프토출량과 내수위의 관계를 추론하여 내수침수의 예상되는 저감을 논하기에는 다소 미흡한 부분이 있으나, 펌프장의 운영방식의 변화에 따르는 기대되는 효과를 정성적으로 나타내기에 적절하다고 판단하였다. 기대되는 내수침수의 저감효과를 나타내기 위해서는 펌프장과 연계된 하수관로의 모델링을 통합하여 수행함이 적절할

Table 3. Results of pumping station simulation applied a large/small quantity inflow - total pump outflow(m^3) and maximum inner water level(El. m)

Pump operational logic	A large quantity of inflow			A small quantity of inflow		
	Total pump outflow	Maximum inner water level	On-off frequency	Pump outflow	Maximum inner water level	On-off frequency
Rule 1	95106.0(100 %)	11.52	85(100 %)	49800.0(100 %)	10.66	71(100 %)
Advanced rule 1	97136.7(102 %)	11.47	61(72 %)	48930.0(98 %)	10.39	65(92 %)
Rule 2	99666.7(105 %)	10.22	119(140 %)	51696.7(104 %)	9.83	105(148 %)
Rule 3	96000.0(101 %)	11.42	26(31 %)	47550.7(96 %)	11.79	53(75 %)

것으로 판단되며, 본 연구의 후속 연구로서 수행
함이 가능할 것으로 제안한다.

5. 결론

본 연구에서는 빗물펌프장에서 계측방식과 이
를 활용하는 운영 로직에 따라 펌프의 온-오프
제어 거동이 어떻게 변화되는지 비교하였다. 총
3개 지점의 정보(유수지의 내수위 및 유입량, 유
수지 유입지점으로부터 일정 유달시간을 갖는 이
격지점의 유입량)가 실시간으로 계측된다고 가
정하고, 이를 활용하는 총 4개의 빗물펌프장 시
뮬레이터를 구축하였다. 이를 모의하여 계측 정
보의 변화에 따른 빗물펌프장의 운영적 측면에서
언어지는 효과를 확인한 결과는 다음과 같다.

- 1) 같은 유수지 내수위를 계측값으로 활용하더
라도 펌프의 온-오프 작동을 기준 수위만
을 정하여 운영하는 것보다는 내수위에 따
라 필요한 펌프토출량을 계산하고 내수위의
변화량에 따라 펌프의 작동을 결정하는 제
어 기법을 도입하여 잦은 온-오프 작동을
사전에 예방함으로써 더욱 경제적이면서도
안정적인 제어 효과를 얻을 수 있다.
- 2) 유수지로의 유입량을 실시간으로 계측하
여 활용할 경우, 이보다 항상 펌프토출량
을 크도록 운영한다면 집중강우시 적합한
방어적인 빗물펌프장 운영이 가능하다. 또
한 일정 시간 이후의 유수지 유입량을 계측
할 수 있다면, 미래의 유입량을 미리 알고
적정 펌프토출량을 계산하여 펌프를 가동
시킬 수 있기 때문에 안전성을 확보하면서
유수지의 용량을 최대한 활용하는 경제적
인 빗물펌프장 운영이 가능하다.
- 3) 단순한 온-오프 제어 기법을 기반으로 하
여서도 활용가능성이 높은 빗물펌프장 제
어시스템을 개발할 수 있으며, 유수지 유입
량의 정확한 계측법이 확보된다면 실제 빗
물펌프장의 원격제어감시시스템에 도입하
여 안정적인 운영이 가능하다.

사사

본 연구는 환경부 “차세대 에코이노베이션기
술개발사업(과제번호 414-111-006)”으로 지원
받은 과제입니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 국립방재연구소 (2001) 유수지 및 배수펌프장의 효율적
운영방안(Ⅱ)
- 국토해양부 (2006) 빗물펌프장 최적운영기법 개발, 도
시홍수재해관리기술보고서, FFC 05-16
- 국토해양부 (2008) 빗물펌프장 운영 프로그램
- 서울특별시 (2010) 빗물펌프장 시설능력 향상을 위한
기본 및 실시설계[중설1지역] [새마을빗물펌프장]
보고서
- 윤세의, 이종태, 심재현(1995) 치수안전도 확보위한 빗
물펌프장제어모형, *한국수자원학회*, May 01,
pp.455-460
- 윤용남 (2007) 수문학 기초와 응용, 청문각
- 이양재 (2007) 배수효과를 고려한 도시 내배수시스템 실
시간 운영모형 개발, 고려대학교 석사학위논문
- 전환돈, 이양재, 이정호, 김중훈 (2007) 도시 내배수시
스템 실시간 운영모형개발, *한국물환경학회지*,
23(5), pp.748-755
- 주진걸, 유도근, 양재모, 정동휘, 김중훈 (2010) 빗물펌
프장 운영시스템 개선 및 적용과 경제효과분석,
한국방재학회지, 10(3), pp.155-165
- 환경부 (2010) 합류식 하수관거 성능 개선방안 연구
- Benjamin, B., Christian, V.L., Aldo, S. (2005)
Multi-objective pump scheduling opti-
misation using evolutionary strategies,
Advances in Engineering Software, 36,
pp.39-47
- Chiang, Y.M., Chang, L.C., Tsai, M.J., Wang,
Y.F., Chang, F.J. (2010) Auto-control of
pumping operations in sewerage systems
by rule-based fuzzy neural networks,
*Hydrology and Earth System Sciences
Discussions*, 7, pp.6725-6756
- Farid, G. and Benjamin, C.K. (2010) *KUO의 자동
제어 제9판*, 퍼스트북
- Jun, Y., Yuhua, Z., Ju, Z., Xianbo, Y. (2011) The
method of urban rain-flood utilization
based on environmental protection, *En-
ergy Procedia*, 5, pp.403-407

- Kjell, A. (2002) Developments in pumping station control, *World Pumps*, 2002(435), pp.18-19
- Manfred, S., Alberto, C., Hubert, C., Wolfgang, S., Peter, A.V. (2004) Real time control of urban wastewater systems—where do we stand today?, *Journal of Hydrology*, 299, pp.335-348
- Ostojin, S., Mounce, S.R., Boxall, J.B. (2011) An artificial intelligence approach for optimizing pumping in sewer systems, *Journal of Hydroinformatics*, 13(3), pp.295-306