

# FFC6 프로그램을 이용한 빗물펌프장 운영시스템 개선 현황 및 도시유역 침수저감 효과



**유도근**  
고려대학교 건축사회환경공학과  
박사과정  
godjhr425@korea.ac.kr



**박정훈**  
고려대학교 건축사회환경공학과  
박사수료  
pchydr@korea.ac.kr



**주진길**  
고려대학교 건축사회환경공학과  
박사수료  
civigliy97@hanmail.net



**정동희**  
고려대학교 건축사회환경공학과  
석사과정  
sunryjung925@hanmail.net



**양재모**  
고려대학교 건축사회환경공학과  
석사과정  
zerika@naver.com



**김중훈**  
고려대학교 건축사회환경공학부  
교수  
jaykim@korea.ac.kr

## 1. 서론

최근 국지성 집중호우로 인한 홍수피해가 급증하고 있으며, 특히 도시의 침수위험성은 더욱 커지고 있다. 이는 도시유역의 내수배제에 큰 역할을 담당하고 있는 빗물펌

프장의 효과적인 펌프 운영 방안 및 내배수시스템의 통합적인 운영방안이 더욱 필요한 시기임을 말해준다. 하지만 현재 유지 및 빗물펌프장의 운영기준은 정확하게 제시되어 있지 않아서 관리자의 경험에 의존하여 운영되고 있으며, 각 내배수시설물들이 통합적으로 관리·운영되고

있지 못한 실정이다. 즉, 현재 서울 지역의 대부분 빗물펌프장에는 자동운영 시스템이 설치되어 있지만 현장 실무자들의 자동운영시스템에 대한 신뢰가 부족하고 홍수기 기간의 상위 기관의 펌프 조기가동지침에 따라 자동운영시스템의 활용도가 낮은 실정이다. 이와 같은 자동운영시스템의 활용도가 낮은 이유는 현재 시스템은 우수지수위 기준으로 현재의 유효 수심에 따라 펌프의 가동 대수를 정의하여 집중 호우 시 현재의 시스템으로는 조기가동이 불가하기 때문이다.

이에 김중훈(도시홍수재해관리기술연구보고서, 2008) 등은 2003년부터 2008년까지 5개년에 걸쳐 국토해양부의 지원을 받아 호우에 따른 우수지로의 유입량을 예측하고, 내외수위 및 수문 작동에 따른 자연 방류량을 예측할 수 있으며, 상류 우수관의 과부하 여부에 따라 펌프를 조기 작동할 수 있는 빗물펌프장 운영프로그램 (FFC6) 모형을 개발한 바 있다. 본 프로그램은 기 설치되어 따로 운영 및 관리되던 우수관망, 빗물펌프장 시설 등의 내배수시설물을 통합운영 함으로써 내배수시설의 성능을 극대화하여, 효율적이고 안정적으로 내수침수를 예방하는 것을 목적으로 한다.

현재 FFC6 프로그램은 서울시 내의 7개 빗물펌프장에 설치 완료 또는 설치 진행 중에 있으며, 본 원고에서는 빗물펌프장 운영시스템 FFC6에 대하여 간략히 서술하고 FFC6 프로그램을 실제로 설치하여 빗물펌프장 운영시스템을 개선하고 있는 현황을 상세히 소개하고자 한다.

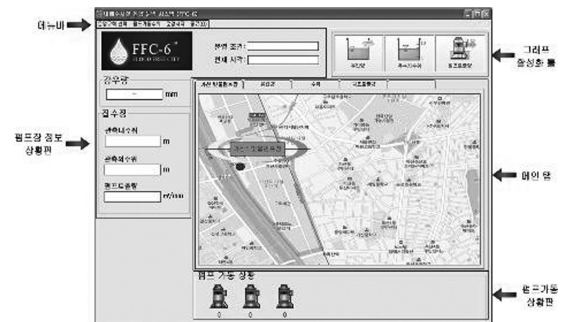
## 2. 빗물펌프장 운영시스템 (FFC6)

FFC6 모형은 현재까지의 강우량과 내수위를 입력자료로 하여 강우-유출 시뮬레이션을 수행하고, 이를 통해 향후 우수지로의 유입량을 예측하여 펌프운영을 결정하는 모형이다. FFC6에서 모든 입력력 및 강우-유출 시뮬레이션은 time step별로 이루어진다. time step 1에서 현재까지의 강우량과 우수지 수위를 사용하여 SWMM이 강우-

유출 모의를 실행하고 time step 1 ~ time step 2 동안 우수지로의 유입량과 자연 방류량이 결정된다. 이를 바탕으로 time step 2에서의 우수지 수위가 예측되며, time step 1 ~ time step 2 동안의 펌프운영이 결정된다. 최종적으로 time step 1 ~ time step 2 동안의 유입량, 자연 방류량, 펌프토출량을 합하여 time step 2에서의 수위를 예측할 수 있다. 이러한 일련의 과정은 실시간으로 이루어질 수 있도록 설계되어 있으며, 이전 단계에서 계산한 우수지 수위는 매 time step에서 관측값으로 보정되어 강우-유출 모형의 계산 오차로 인한 유입량 차이를 최소화한다(주진걸 등 (2010)).

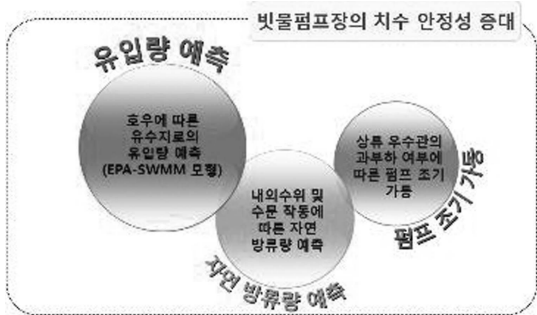
이와 같은 체계를 바탕으로 빗물펌프장 자동운영 시스템 FFC6는 기존 자동운영시스템과는 차별화된 기능을 바탕으로 빗물펌프장의 치수 안정성을 증대하고 궁극적으로 시민의 재산과 인명 피해를 최소화하는데 그 목적이 있다. FFC6 모형의 차별화된 기능은 <그림 2>와 같이 세 가지로 요약할 수 있다. SWMM 모형을 이용하여 호우에 따른 우수지로의 유입량을 예측하고 내외수위 및 수문 작동에 따라 자연 방류량을 예측하게 된다. 이 예측된 결과를 바탕으로 펌프 조기가동이 가능하다. 또한 상류 우수관의 과부하 여부에 따라 상류 침수 피해를 저감시키기 위해 펌프를 조기 가동하는 조건도 운전이 가능하다.

FFC6 모형은 도시의 침수취약지역의 홍수방어능력을 향상시키기 위하여 기존에 설치된 내배수시설의 성능을 최대한 발휘할 수 있도록 개발되었다. 이를 위하여 FFC6



<그림 1> FFC6 모형의 화면구성

모형이 호우시 우수지 수위 상승, 배수효과에 따른 유입량의 변화, 상류 관거의 과부하 여부 등 도시 내배수시스템의 통합적인 상황을 실시간으로 고려하여 빗물펌프장을 운영할 수 있도록 구성되었다.



〈그림 2〉 FFC6 모형의 기능 및 목적

또한 FFC6 모형은 총 3가지의 펌프운영규칙을 내장하고 있어, 빗물펌프장의 여건이나 해당 지역의 기후 특성에 따라 각 펌프운영규칙을 사용자가 선택할 수 있게 구성되었다. FFC6 모형은 지자체 및 빗물펌프장의 담당자가 쉽고 편리하게 이용할 수 있도록 하는데 중점을 두었다. FFC6의 모든 모듈은 자료의 입출력이 간편하게 이루어질 수 있도록 Microsoft Excel 및 text editor와 연동되어 있으며 우수지 수위 및 펌프운영기록도 데이터 베이스에 저장된다.

### 3. 빗물펌프장 운영시스템 개선사업 성과 및 진행 현황

개발된 FFC6 프로그램은 2009년 9월부터 약 4개월간의 사업기간을 통해 서울시 금천구의 가산1빗물펌프장에 설치되었으며 현재 운영 중에 있다. 또한 2010년 8월 현재 서울시의 6개소 빗물펌프장에 FFC6 시스템을 설치하여 현재의 빗물펌프장 운영시스템을 개선하는 용역을 수행 중이다. 본 절에서는 앞서 언급한 빗물펌프장 운영시스템 개선사업의 성과와 진행현황을 상세히 소개하고 시물레이션을 통한 FFC6프로그램의 도시유역 침수저감 효과에 대해 기술하고자 한다.

### 3.1 빗물펌프장 운영시스템 개선사업 (사업기간: 2009.09.14~2010.01.11)

#### 3.1.1 개요

- 과업명 : 빗물펌프장 운영시스템 개선사업
- 과업의 목적 :
  - ① 최근의 잦은 국지성 집중호우에 대비하여 기존 우수지 수위에 의한 배수펌프 순차가동 방식을 개선하여 빗물펌프장의 효율성을 극대화하고 내수침수피해를 최소화 할 수 있는 과학적인 빗물펌프장 운영시스템(FFC6)을 적용하고자 함.
  - ② 과거 빗물펌프장의 운영을 통하여 축적된 기초자료를 활용하여 호우시 빗물펌프장으로 유입되는 우수의 양을 예측하고, 이를 배수펌프 운영에 활용할 수 있는 시스템을 구축함.
  - ③ 빗물펌프장으로 유입되는 우수의 양에 따라 펌프를 효율적으로 운영하여 펌프장의 치수 안정성을 향상시켜 배수 유역내 저지대 침수를 사전예방함.
- 과업의 범위 :

펌프장명	설계빈도	유역면적 (km <sup>2</sup> )	방류하천	펌프도출량 (m <sup>3</sup> /분)
가산1빗물펌프장	10년	0.48	안양천	300

#### 3.1.2 기존 MMI(Man-Machine Interface) System 과의 연계를 통한 시스템 설치

본 사업에서는 기 설치된 빗물펌프장 자동운영 시스템의 MMI System과 FFC6 프로그램의 펌프 운영 알고리즘을 결합하여, 기존 자동운영 시스템의 활용도를 높여 새로운 시스템 설비의 장착에 의한 예산 낭비를 최소화 하였다. 즉 〈그림 3〉과 같이 현재의 MMI 시스템에 의해 입력되는 내수위 및 외수위 정보, 강수량 정보를 이용하여 펌프작동 여부를 결정하고, 이 결과를 다시 현 시스템에 피드백하게 된다.



(그림 3) FFC6 프로그램과 MMI System의 연계 운영 및 현장설치

### 3.1.3 설치효과분석

본 과업을 통하여 설치한 FFC6의 운영으로 펌프의 효율적인 운영이 가능하게 되었다. 이를 통하여 동일한 펌프를 가지고도 유수지의 수위 및 상류 월류량을 줄일 수 있는 효과를 얻을 수 있었다. <표 1>은 FFC6 모형의 적용으로 인한 가산1빗물펌프장의 치수능력 향상효과를 보여준다. 10년빈도 180분 지속기간 Huff 4분위의 호우에서 FFC6를 적용하였을 경우 현재시스템보다 월류량이 약 24.91%적게 나타났으며, 월류량 기준으로는 12년빈도, 유수지 수위 기준으로는 15년빈도까지 실제 펌프의 증설 없이 치수능력 향상 효과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다(주진걸 등(2010)).

(표-1) FFC6 모형의 적용으로 인한 치수능력 향상효과 (10년빈도, 180분 지속기간)

재현기간 (년)	강우량 (mm)	현재 시스템		FFC 6 적용	
		월류량 (m³)	최대수위 (EL, m)	월류량 (m³)	최대수위 (EL, m)
10	120.4	1,855	8.57	1,393	8.34
11	123.0	.	.	1,682	8.40
12	125.0	.	.	1,914	8.45
13	127.0	.	.	2,153	8.49
14	129.0	.	.	2,414	8.54
15	130.5	.	.	2,621	8.57
16	132.5	.	.	2,889	8.61

## 3.2 빗물펌프장 시설능력 향상을 위한 기본 및 실시 설계용역

### 3.2.1 개요

- 과업명 : 빗물펌프장 시설능력 향상을 위한 기본 및 실시설계용역
- 과업의 목적 :

- ① 가산1빗물펌프장 설치결과를 바탕으로 서울시 빗물 펌프장 중 FFC6 프로그램의 설치효과가 클 것으로 예상되는 6개소에 대하여 빗물펌프장 운영시스템 (FFC6)를 설치하고자 함.
- ② 6개소 중 4개소는 30년빈도 증설 대상 빗물펌프장 으로서 설치의 목적은 FFC6 프로그램의 도입을 통하여 30년빈도 이상의 호우에도 안정적인 빗물펌프장의 운영이 가능하도록 하기 위함.
- ③ 6개소 중 2개소는 증설하지 않는 빗물펌프장으로 설치 목적은 펌프 증설비용보다는 상대적으로 저비용의 FFC6 프로그램 설치를 통하여 빗물펌프장의 최적운영을 수행함으로써, 기존의 설계빈도보다 높은 빈도의 치수능력 향상효과를 얻도록 하기 위함.

#### ● 과업의 범위 :

펌프장명	설계빈도	유역면적(km <sup>2</sup> )	방류하천	펌프도출량(m <sup>3</sup> /분)
용담빗물펌프장	10년	0.32	청계천	290
구로1빗물펌프장	20년	1.36	도림천	1,015
성산빗물펌프장	10년	0.38	불광천	420
오금빗물펌프장	10년	5.77	안양천	1,750
용두빗물펌프장	10년	0.44	정릉천	504
신길빗물펌프장	5년	1.21	한 강	1,274

### 3.2.2 시스템 설치 진행현황 및 향후계획

2010년 8월 현재 총 6개소의 설치대상 빗물펌프장 중 용담빗물펌프장과 구로1빗물펌프장의 시스템 설치는 완료되었으며 2010년 9월 중에 운용을 시작할 것으로 판단된다. 나머지 4개소는 시스템 설치 작업이 진행되고 있으며 2010년 10월 중으로 시스템의 설치가 완료될 예정이다.

총 6개소의 시스템 설치가 완료가 되면 실제 호우에 의한 펌프장 운용을 통해 시뮬레이션을 통한 효과보다 더 명확한 시스템 운영에 따른 효과를 분석할 수 있을 것으로 판단되며, FFC6 시스템의 효과를 배수유역의 특성에 따라 분석 연구하여 해당 내배수시스템 및 유역특성에 가장 적합한 개량최적펌프운영안을 도출해 낼 수 있을 것이라 기대된다.

#### 4. 결론

도시구역의 내수침수 피해를 저감하기 위해서는 내배수시스템의 통합 최적운영이 필수적이며, 이를 위해서는 적절한 내수침수피해저감 대책이 연구되어 실무에 적용되어야 한다. 이런 관점에서 본 원고에서 소개한 FFC6 프로그램의 설치는 이론적인 연구를 바탕으로 개발되어 실제 적용까지 수행된 좋은 예라고 판단된다. 현재 시스템이 설치운영 중인 가산1빗물펌프장과 설치 및 운영예정인 6개소의 빗물펌프장에 본 시스템이 설치되어 지속적으로 운영된다면, 상습침수지역에 대한 재해발생위험을 크게 낮출 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 시스템의 적용후 현장실제운영을 통하여 발견되는 단점을 보완하고 현장 운영에 보다 더 적합한 시스템이 구축될 수 있도록 지속적인 모니터링 및 운영 데이터베이스의 구축을 수행함으로써 내배수 침수피해를 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 서울특별시의 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 국토해양부 (2008) 도시홍수재해관리기술연구보고서.
2. 주진걸, 유도근, 양재모, 정동휘, 김종훈 (2010) 빗물펌프장 운영시스템 개선 및 적용과 경제효과분석. 한국방재학회논문집, 한국방재학회, 제10권, 제3호, pp. 155-165