

# 저수지내 선 차단시설 계획을 위한 부유쓰레기 유동특성 수치해석

## Numerical Analysis of floating debris behavior for a barrier system design

박종표\* / 조영권\*\* / 주성식\*\*\* / 원창연\*\*\*\*

Jong Pyo Park, Young Kweon Cho, Sung Sik Joo, Won Chang Yeon

### 요 지

홍수시 저수지 상류로부터 유입되는 다량의 오염물, 협잡물은 저수지의 경관 및 수질에 악영향을 미친다. 이러한 오염물질은 홍수시 일시에 유입되어 표층에 부유하므로 수거를 위한 시간 및 비용이 비교적 크게 발생된다. 따라서 이러한 부유쓰레기를 효과적으로 차단할 수 있는 시설물 설치의 필연적이다. 이렇게 부유쓰레기 수거를 위한 방법 중, 저수지 내부에 선 차단 시설을 설치하여 부유쓰레기를 홍수터로 유도하여 수거하는 방법은 일시에 많은 양의 부유쓰레기를 차단하게 되는데 유지관리, 경제적 측면에서 유리하다.

본 연구에서는 부유쓰레기 수거를 위한 선 차단시설 운영 방안을 검토하기 위하여 홍수시 저수지 내로 유입되는 유속흐름을 2차원 수치해석 모형인 RMA-2 모형으로 해석하고, 저수지의 내외부 지형분석을 통하여 시범 지구의 선 차단시설 설치 위치를 선정하였고, 3차원 수치해석 모형인 FLOW-3D 모형으로 검증하였다. 선 차단시설 설치 시범지역 위치 선정을 위하여 저수지의 규모, 접근성, 시공 장비의 대여 편이성 등을 종합적으로 고려하여 기흥저수지를 시범예정 구역으로 선정하였다.

저수지 내로 유입되는 유속특성을 2차원 수치해석 모형인 RMA-2 모형으로 해석하여 시범 지구의 선 차단시설 설치 위치를 제안하고 홍수터 부지를 결정하였다. 부유쓰레기 유도를 위한 선 차단시설은 저수지 급확대로 인한 유속 감소구간과 와류발생 구간이 적절한 것으로 분석되었으며 시범설치 지역인 기흥저수지 상류 급확대부에 선 차단시설을 제안하였다. 홍수터의 규모는 Armitage와 Rooseboom(2000)이 제안한 경험식을 바탕으로  $5,300\text{m}^2$  을 제안하였으며, 기흥저수지 상류부 우안에 향아리 모양으로 설치하도록 계획하였다. 또한, 3차원 수치모형실험을 통하여 검토한 결과, 차단막 설치로 부유 쓰레기의 하류 이송은 차단되고, 원활하게 홍수터로 유도됨을 확인하였다.

### 핵심용어 : 선차단시설, 부유쓰레기, RMA-2, FLOW-3D

\* 주식회사 핵코리아 이사 · E-mail : [jppark@hecorea.co.kr](mailto:jppark@hecorea.co.kr)  
\*\* 한국농촌공사 화안사업단 감리단장 · E-mail : [ykcho@ekr.or.kr](mailto:ykcho@ekr.or.kr)  
\*\*\* 주식회사 핵코리아 수자원사업부 차장 · E-mail : [idedj@hecorea.co.kr](mailto:idedj@hecorea.co.kr)  
\*\*\*\* 주식회사 핵코리아 수자원사업부 대리 · E-mail : [won@hecorea.co.kr](mailto:won@hecorea.co.kr)

## 1. 서 론

홍수시 저수지 상류로부터 유입되는 오염물질은 홍수시 일시에 유입되어 표층에 부유하므로 수거를 위한 시간 및 비용이 비교적 크게 발생된다. 따라서 이러한 부유쓰레기를 효과적으로 차단할 수 있는 시설물 설치의 필연적이다. 이렇게 부유쓰레기 수거를 위한 방법 중, 저수지 내부에 선 차단 시설을 설치하여 부유쓰레기를 홍수터로 유도하여 수거하는 방법은 일시에 많은 양의 부유쓰레기를 차단하게 되는데 유지관리, 경제적 측면에서 유리하다.

본 연구에서는 부유쓰레기 수거를 위한 선 차단시설 운영 방안을 검토하기 위하여 홍수시 저수지 내로 유입되는 유속흐름을 2차원 수치해석 모형인 RMA-2 모형으로 해석하고, 저수지의 내, 외부 지형분석을 통하여 시범 지구의 선 차단시설 설치 위치를 선정하였고, 3차원 수치해석 모형인 FLOW-3D 모형으로 검증하였다. 선 차단시설 설치 시범지역은 기흥저수지 이다.

## 2. 기흥저수지 현황 및 연구방법

### 2.1 기흥저수지 현황

기흥저수지는 경기도 용인시 기흥읍 고매리에 위치하며, 유역면적은 5,300ha이다. 1957년에 착공하여 1964년에 준공되었으며 총저수량은 11,659천m<sup>3</sup>이다. 안성천 수계의 오산천, 지곡천, 공세천이 유입된다. 기흥저수지 현황을 표 1에 정리하였다.

**표 1. 기흥저수지**

시설명	위 치	준공연도 (년)	수혜면적 (ha)	대권역	중권역	하천명
기흥	경기도 용인시 기흥읍 고매리	1966	1,158.8	안성천	안성천	오산천
유역면적 (ha)	제정표고 (EL. m)	홍수위 (EL. m)	만수위 (EL. m)	사수위 (EL. m)	총저수량 (1,000m <sup>3</sup> )	유효저수량 (1,000m <sup>3</sup> )
5,300	49.5	47.3	46.0	36.0	11,659	11,630

### 2.2 연구방법

부유쓰레기의 선 차단시설 위치 선정을 위해서는 호우시 저수지 내부 흐름특성 분석 및 부유쓰레기 차단시설 설치 가능성 판단을 위한 지형분석이 필요하다. 본 연구에서는 저수지의 수심측량 자료를 이용하여 지점별 지형을 분석하였다. 또한, 2차원 수심평균 자유수면 유한요소 프로그램인 SMS(Surface-water Modeling System)모형의 수리학적 모의 프로그램인 RMA-2를 이용하여 호우시 저수지의 유속분포를 분석하였다.

또한, 3차원 수치해석 프로그램인 FLOW-3D모형을 이용하여 2차원 수치해석 결과를 검증하고 부유사 이송확산 검토를 통하여 홍수터 설치에 따른 부유쓰레기 확산영향을 분석하였다.

**표 2. 수치해석을 통한 세부연구 방향**

2차원 흐름해석	- 지형특성, 유입유량 등의 영향인자에 따른 저수지 흐름특성 파악 - 기흥저수지에 최적화된 선 차단시설 설치 위치 도출
지형분석	- 부유쓰레기 선 차단시설 설치 가능성 검토 - 홍수터 부지 면적 및 적정 위치 검토
3차원 흐름해석	- 선 차단시설 설치 최적안에 대한 3차원 수치모형 검증 - 홍수터 부지 면적 및 위치에 대한 적정성 검증

### 3. 흐름분석을 통한 선 차단시설 위치검토

#### 3.1 2차원 흐름분석

100년 빈도 홍수시 기흥저수지 전체구간에 대한 유속검토 결과, 하천 유입부에서 0.99~1.97m/s의 유속을 보이다가 저수지 중간부의 급확대로 인하여 유속은 0.41m/s 이하로 감소되었다. 저수지 급확대부와 공세천 유입부 사이에서 와류가 발생되어 부유쓰레기의 유도가 가능할 것으로 판단된다.

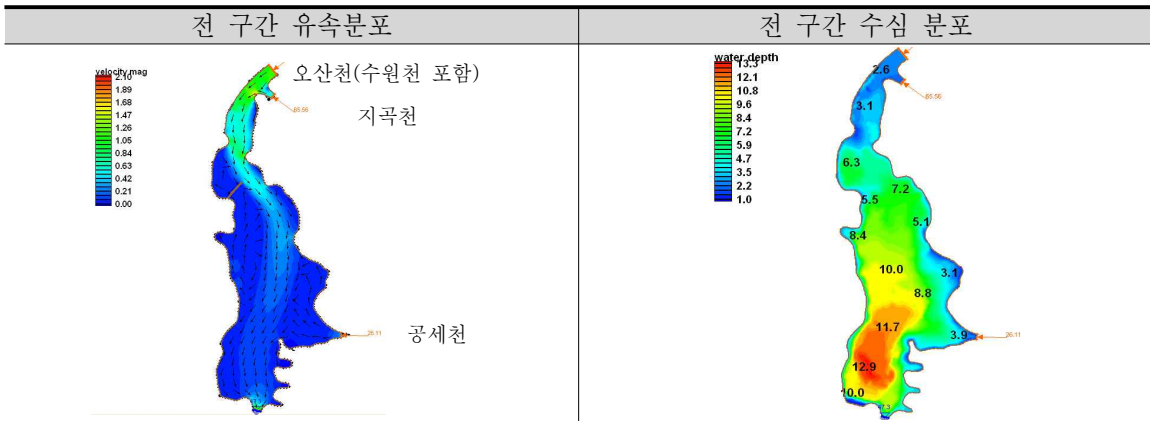


그림 1. 기흥저수지 100년 빈도 홍수시 유속 및 수심

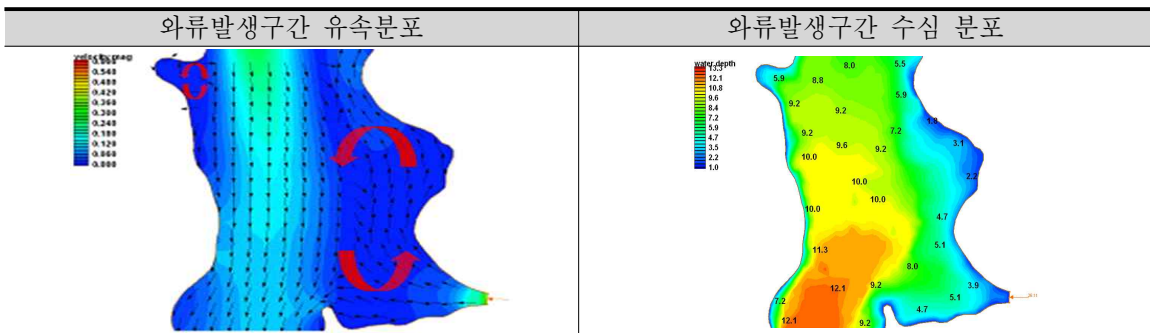


그림 2. 홍수시 와류 발생구간 유속 및 수심

#### 3.2 2차원 흐름분석 및 지형분석을 통한 선 차단시설 위치검토

2차원 흐름분석결과 부유쓰레기 유도를 위한 선 차단시설은 저수지 급확대로 인한 유속 감소구간과 와류발생 구간이 적절한 것으로 분석되었다. 또한, 기흥저수지 내 상류부 구간 중 선 차단시설의 적정 설치 위치를 선정하기 위하여 현지답사를 통해 실제 설치 가능 위치를 선정하였다. 입지선정은 장비의 진입이 용이하고 민원문제가 최소화 될수 있으며 홍수면 부지 활용이 가능한 위치를 선정하였으며 위치는 아래 그림 3과 같다.

#### 3.3 홍수터 부지 선정

기흥저수지들의 쓰레기들은 플라스틱 및 종이포장, 쇼핑백, 담배 및 담배갑, 공원, 정원, 음식점에서 사용하는 물건 등이 있다. 연간 쓰레기 부하량은 Armitage와 Rooseboom(2000)이 제안한 경험식을 이용하여 산정할 수 있다.

$$T = f_{sci} (V_i + B_i) A_i$$

여기서 T는 총 쓰레기 부하량( $m^3/yr$ ),  $f_{sci}$ 는 토지이용에 따른 도로 청소인자,

$V_i$ 는 토지이용에 따른 식생 부하량( $m^3/ha-yr$ ),

$B_i$ 는 토지이용에 따른 기본 쓰레기 부하량( $m^3/ha-yr$ ),

그리고  $A_i$ 는 각 토지이용면적(ha)이다.

연간 쓰레기 부하량 산정의 토지이용에 따른 매개변수 중  $f_{sci}$ 는 일반적으로 1을 적용하며  $V_i$ 는 식생이 불량한 지역은 0.0을 식생이 조밀한 지역은 0.5를 추천하고 있다. 또한,  $B_i$ 는 상업지역은 1.2, 산업지역은 0.8, 거주지역은 0.01을 추천하고 있으며, 기본값이 제시되어 있지 않은 인구밀도가 높은 지역과 학교는 0.02, 공원 및 산지는 0.5를 적용하였다.

### 표 3. 연간 쓰레기 부하량 산정

$f_{sci}$	$V_i$	$B_i$	$A_i$	T
1	0.5	0.5	5,300	5,300

홍수터 계획지점은 보행로가 위치하고 있어 접근이 용이하며 보행로를 침범하지 않는 범위에 설치하여야 한다. 선 차단시설 하류부에 홍수터를 설치할 경우 흐름에 의하여 저수지 하류부로 부유쓰레기가 거동할 수 있으므로 선 차단시설의 상류부에 홍수터를 계획하였으며 규모는  $5,300m^2$ 이다. 또한 부유쓰레기의 효율적인 제거를 위해 홍수터 부지의 평상시 수심이 0.5-1.0m 이하가 되도록 하였다.

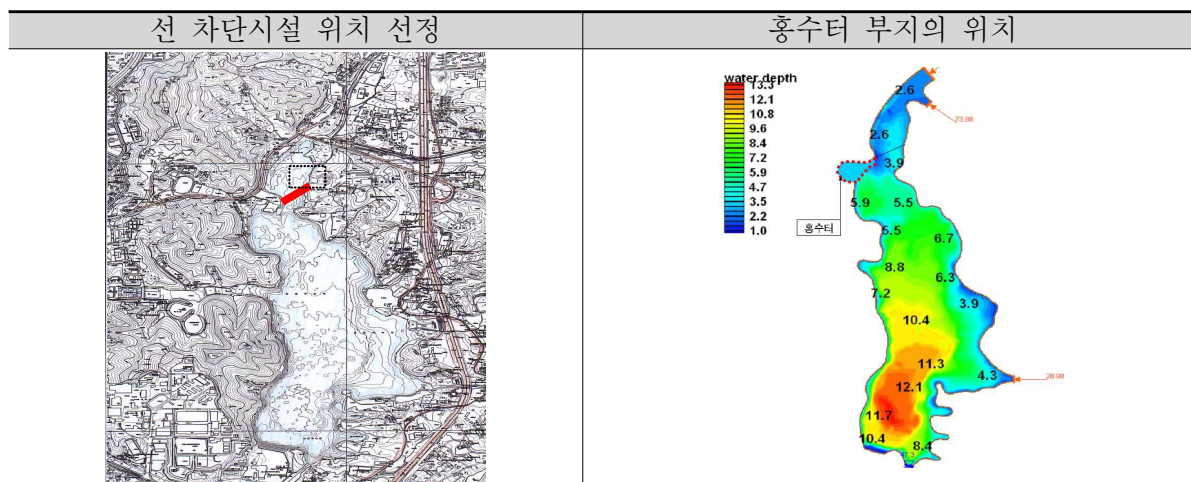
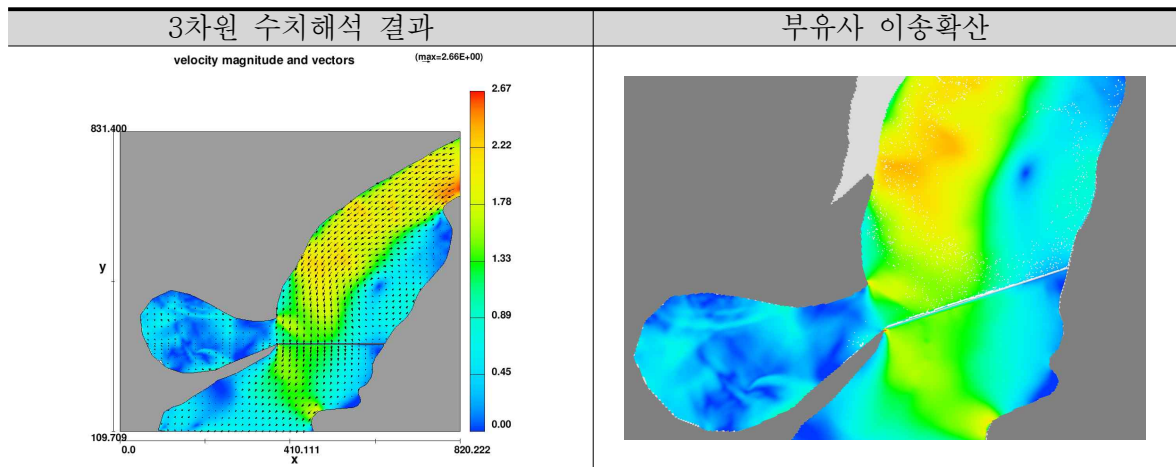


그림 3. 선 차단시설 및 홍수터 부지 위치

### 4. 3차원 수치모의를 통한 부유쓰레기 이동 검증

선차단시설, 홍수터 부지 설치에 따른 부유쓰레기 차단 효과 검증을 위하여 3차원 수치모의를 수행하였다. 3차원 수치모의는 FLOW-3D모형을 적용하였다. FLOW-3D는 미국 뉴멕시코주(New Mexico) 로스알라모스(Los Alamos)에 있는 Flow Science, Inc에서 개발한 범용 전산유체역학(CFD Code, Computational Fluid Dynamics) 프로그램이다. 3차원 수치모의 결과 기흥저수지 내 흐름은 지곡천 합류 이후 저수지 우안부로 주흐름이 형성되는 2차원 모형 결과와 유사한 것으로 확인되었다. 자유표면에 설치된 선 차단막으로 인한 흐름의 영향은 미미한 것으로 검토되었고, 저수지로 유입되는 부유 쓰레기는 차단막을 통해 홍수터로 유도될 것으로 사료된다.



**그림 4. 3차원 흐름 및 부유사 이송확산 모의 결과**

또한, 3차원 부유사 이송 확산 검토를 수행하였으며 분석은 미립자 추적기법을 적용하였다. 부유 쓰레기에 대한 모형실험이므로 미립자의 밀도는  $200\text{kg/m}^3$ 을 적용하고, 미립자의 입경은 0.05 - 0.3m로 다양하게 입력하여 이송 확산하는 경향을 검토하였다. 검토 결과 상류로부터 유입되는 미립자들은 선 차단막을 통해 홍수터로 유입되는 것을 확인하였다. 따라서 저수지 내부에 설치된 차단막으로 부유쓰레기들은 홍수터로 유도되어 하류에 미치는 영향은 미미할 것으로 사료된다.

## 5. 결론

저수지 내로 유입되는 유속특성을 2차원 수치해석 모형인 RMA-2모형으로 해석하여 시범 지구의 선 차단시설 설치 위치를 제안하고 홍수터 부지를 결정하였다. 부유쓰레기 유도를 위한 선 차단시설은 저수지 급확대로 인한 유속 감소구간과 와류발생 구간이 적절한 것으로 분석되었으며 시범설치 지역인 기흥저수지 상류 급확대부에 선 차단시설을 제안하였다. 홍수터의 규모는 Armitage와 Rooseboom(2000)이 제안한 경험식을 바탕으로  $5,300\text{m}^2$ 을 제안하였으며, 기흥저수지 상류부 우안에 향아리 모양으로 설치하도록 계획하였다. 또한, 3차원 수치모형실험을 통하여 검토한 결과, 차단막 설치로 부유 쓰레기의 하류 이송은 차단되고, 원활하게 홍수터로 유도됨을 확인하였다.

## 감 사 의 글

본 연구는 한국농촌연구원의 저수지내 선 차단시설 위치결정을 위한 부유쓰레기 유동특성 수치해석 연구에 적용된 연구성과입니다.

## 참 고 문 헌

한국수자원공사 (2002). 2002년 집중강우시 부유쓰레기 수거처리분석에 따른 부유쓰레기 종합대책 윤석표, 임학상, 박재홍 (2005). 충주댐 부유물 발생 현황 조사 및 처리대책, 충북환경기술개발터. Brigham Young University (2000). SMS(Surface-Water Modeling System) User's manual. Donnel, B.P. (1997). User Guide To RMA2 WES Version 4.3, WexTech System, Inc, Newyork, N. Y.