

# Mike Flood를 이용한 댐 하류하천 홍수범람 분석

## A Study on Flood Inundation Analysis of Dam Downstream Area by Using Mike Flood

최병규\*, 강태호\*\*, 최경록\*\*\*, 문영일\*\*\*\*

Byung Kyu Choi, Tae Ho Kang, Kyung Lok Choi, Young Il Moon

### 요 지

최근 들어 지구온난화 및 이상기후 등 기상이변으로 인해 빈번히 발생하고 있는 이상홍수에 대한 댐의 적극적인 대응을 위하여 댐 지역의 가능최대강수량(PMP) 및 가능최대홍수량(PMF)을 산정 수문학적 안정성을 검토하고, 이에 따른 댐의 치수능력 확보를 위해 구조적, 비구조적 계획을 수행하고 있으며, 이상홍수로 인한 댐 붕괴 혹은 댐 하류하천 홍수범람 영향을 검토하여 인명과 재산 피해를 최소화하기 위한 침수예상지역의 비상대피계획(EAP)을 수립하고 있다. 본 연구에서는 이상홍수에 있어서 댐 치수능력 증대에 따른 댐 방류시 하류하천의 홍수범람 양상을 모의하기 위하여 1차원, 2차원 결합모형인 Mike Flood 모형을 이용하여 댐 하류하천의 홍수범람 분석을 실시하였다. Mike Flood 모형의 적용성을 검증하기 위해 1998년 8월 홍수시 서울시 우이천유역의 홍수범람 실측자료를 바탕으로 Mike Flood 모형을 모의를 수행한 결과 실제 조사된 홍수범람지역과 대체로 일치함을 알 수 있었다. 따라서, 댐 치수능력 증대에 따른 하류하천 영향을 검토하기 위해 Mike Flood 모형을 이용 수어댐에 적용하여 이상홍수시 하류하천 침수예상지역을 예측함으로써 이 지역의 비상대피계획 수립에 있어서 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

**핵심용어 : 이상홍수, 치수능력, 비상대피계획(EAP), 홍수범람, Mike Flood, 침수예상지역**

### 1. 서 론

댐에 있어서 홍수범람은 댐 하류부의 인구밀집지역이나 중요 국가시설이 위치하는 경우 막대한 인명 및 재산피해를 가져올 수 있으며, 댐 체체의 안정성 또한 해칠 수 있다. 최근 들어 계절성 집중호우와 같은 이상기후 현상 및 거대한 태풍 등으로 인한 자연 현상과 기존 댐의 홍수방어 능력부족 등으로 인한 홍수범람 피해가 더욱 가중 되고 있는 실정이다. 홍수범람과 같은 피해를 줄이기 위해서 국내에서는 댐 증고, 여수로 확장 및 신설 등의 구조적인 대책과 홍수예·경보 시스템 구축, 홍수범람도 작성과 같은 비구조적인 대책을 세워 시행하고 있다. 홍수범람도를 작성하기 위해서는 댐 하류지형을 보다 정확히 표현하여야 하며, 시간에 따른 홍수범람의 양상 변화를 표현할 수 있는 모형이 필요하다. HEC-GeoRAS와 같은 1차원 모형은 제내지에 월류되는 범람의 확산 양상과 시간에 따른 홍수범람의 양상을 모의하기 어렵기 때문에 홍수범람모의를 위해서는 2차원, 3차원 모형이 필요하다. 그러나, 3차원 모형은 지형데이터와 경계조건 등의 자료들을 구축하기 어렵고, 모의시간도 오래 걸려 홍수범람의 양상을 모의하는데 적합하지 못하다.

따라서, 본 연구에서는 시간에 따른 홍수범람 양상을 모의할 수 있는 1차원, 2차원 연계모형인 Mike Flood 모형을 이용하였다. Mike Flood 모형의 적용성을 검증하기 위해 1998년 8월 홍수시 서울시 우이천유역의 홍수범람 실측자료를 바탕으로 Mike Flood 모형을 모의를 수행한 결과 실제 조사된 홍수범람지역과 대

\* 정회원.(주)삼안 수력부·Email : bkchoi@samaneng.com  
\*\* 정회원.(주)삼안 수력부·Email : thkang@samaneng.com  
\*\*\* 정회원.(주)삼안 수력부·Email : klchoi@samaneng.com  
\*\*\*\* 정회원.서울시립대학교 토목공학과 교수·Email : ymoon@uos.ac.kr

체로 일치함을 알 수 있었다. 따라서, 댐 치수능력 증대에 따른 하류하천 영향을 검토하기 위해 Mike Flood 모형을 이용 수어댐에 적용하여 이상홍수시 하류하천 침수예상지역을 예측함으로써 이 지역의 비상대피계획 수립에 있어서 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

## 2. Mike Flood 모형

### 2.1 Mike 11 모형

Mike 11 모형의 지배방정식은 1차원 Saint Venant 방정식을 이용하여 하천의 수위, 유량 그리고 유속을 계산한다.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = F_s \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (\alpha Q^2/A) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2AR} = 0 \quad (2)$$

여기서,  $h$ 는 수심,  $Q$ 는 유량,  $\alpha$ 는 속도분배계수,  $t$ 는 시간,  
 $C$ 는 Chezy number,  $F_s$ 는 source term,  
 $A$ 는 면적,  $P$ 는 윤변,  $R$ 은 동수반경이다.

간단하게 설명하면, 수치해석은 유한차분법(finite different method)에 의해 계산되어지며, 중력항 즉 식(1)의 첫 번째항과 식(2)의 세 번째 항이 계산해야 하는 항이 되고, 나머지 항들은 기지항이 되어 계산하게 된다.

### 2.2 Mike 21 모형

Mike 21 모형은 주로 해안에서 사용하는 모형으로 2차원 Saint Venant 방정식을 사용하여 해를 구한다.

$$\frac{\partial s}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} Uh + \frac{\partial}{\partial y} Vh = F_s \quad (3)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + g \partial_x s + \quad (4)$$

$$\frac{g}{C^2 d} V \sqrt{U^2 + V^2} + \frac{\partial}{\partial x} (K_{xx} \frac{\partial U}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_{yy} \frac{\partial U}{\partial y}) = F_s U_s$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + g \frac{\partial s}{\partial x} + \quad (5)$$

$$\frac{g}{C^2 d} V \sqrt{U^2 + V^2} + \frac{\partial}{\partial x} (K_{xx} \frac{\partial V}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_{yy} \frac{\partial V}{\partial y}) = F_s V_s$$

여기서,  $U$ 와  $V$ 는 평균유속,  $C$ 는 Chezy number,  $K_{xx}$ 와  $K_{yy}$ 는 가장자리의 점성

2차원 Saint Venant 방정식은 staggered C-grid와 semi-implicit ADI two step algorithm 기법을 이용한 유한차분법에 의해서 그 해를 구할 수 있다.

### 2.3 Mike Flood 모형

Mike Flood 모형은 1차원 모형인 Mike 11 모형의 하도를 2차원 모형인 Mike 21 모형의 격자를 연결시키는 역할을 한다. 두 모형이 연결되면 하도의 수위가 제방을 월류하는 양을 Mike 11에서 계산하여 Mike 21의 격자에 2차원 방정식으로 홍수범람 양상을 모의하게 된다. 따라서 Mike Flood 모형의 구축도 중요하지만 Mike 11 모형과 Mike 21 모형을 보다 정확히 구축하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 다음 그림 1~그림 3은 Mike Flood 모형이 Mike 11 모형과 Mike 21 모형의 연결방법이다. 그림 1은 Standard Link로서 지형격자 안에 하도의 끝단을 연결하는 것이며, 그림 2는 Lateral Link로서 제방을 월류하는 유량이 제내지의 홍수범람에 영향을 미치는 경우 그림 3은 흐름 방향으로 구조물이 존재 할 때 사용된다.

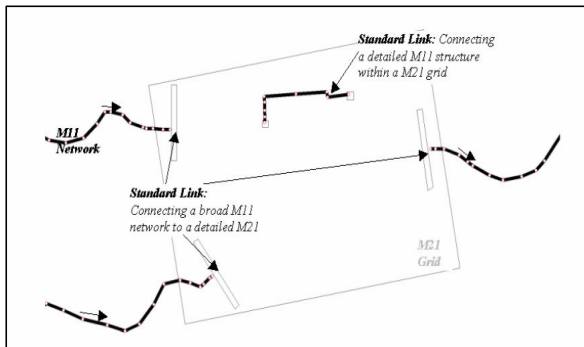


그림 1. Standard Link

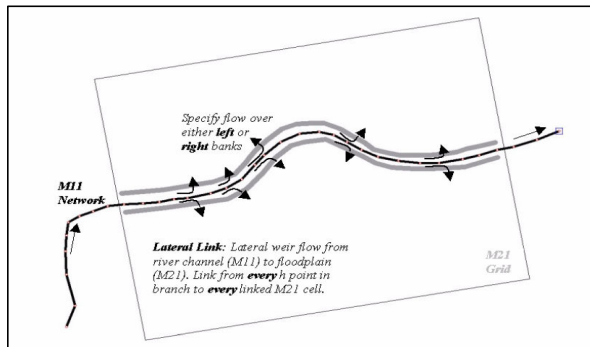


그림 2. Lateral Link

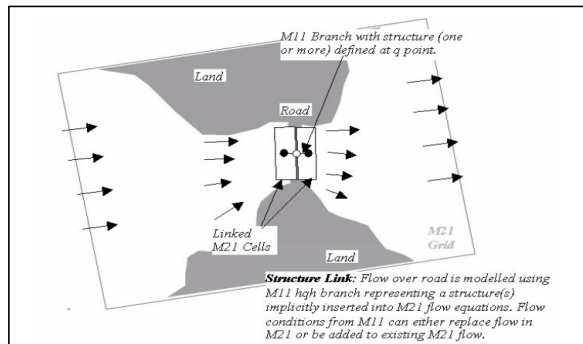


그림 3. Structure Link

### 3. Mike Flood 모형의 검증

Mike Flood 모형의 검증을 위한 대상유역으로 우이천으로 선정하였다. 우이천은 1998년은 외수범람, 2000년은 내수범람에 의한 피해를 입었고, 강우자료, 하천 단면자료, 유출량 자료 등 홍수범람모형 구축을 위한 필요한 자료들은 ‘수해백서(1999, 서울특별시)’에서 획득이 용이하기 때문에 모형 검증 대상유역으로 선정하였다. 모형 검증을 위한 경계조건으로 1998년 홍수사상중 가장 큰 8월 6일의 홍수량과 홍수위를 사용하였다.

표 1. Mike 11 모형 검증을 위한 경계조건

※출처 : 수해백서(1999, 서울특별시)

주요지점	홍 수 량(m <sup>3</sup> /s)						홍수위(m)
	No.170	No. 168	No. 134	No. 108	No. 76	No. 45	
주요지점	No.170	No. 168	No. 134	No. 108	No. 76	No. 45	No. 0
경계조건	79	50	35	66	22	44	18.18

표 1의 경계조건으로 계산한 Mike 11 모형과 ‘수해백서(1999, 서울특별시)’에서 제시하고 있는 HEC-RAS 모형의 홍수위 그리고 1998년 8월 6일의 흔적수위를 비교하면 그림 4와 같다. 그 결과 Mike 11 모형이 전체적으로 수위가 약간 높게 나타남을 알 수 있다. 이는 주요지점의 경계조건 입력시 초기에 하천 유입량이 적기 때문에 하천의 건천화를 피하기 위해 입력 매개변수 Delh Factor의 값을 크게 입력하였기 때문으로 판단된다.

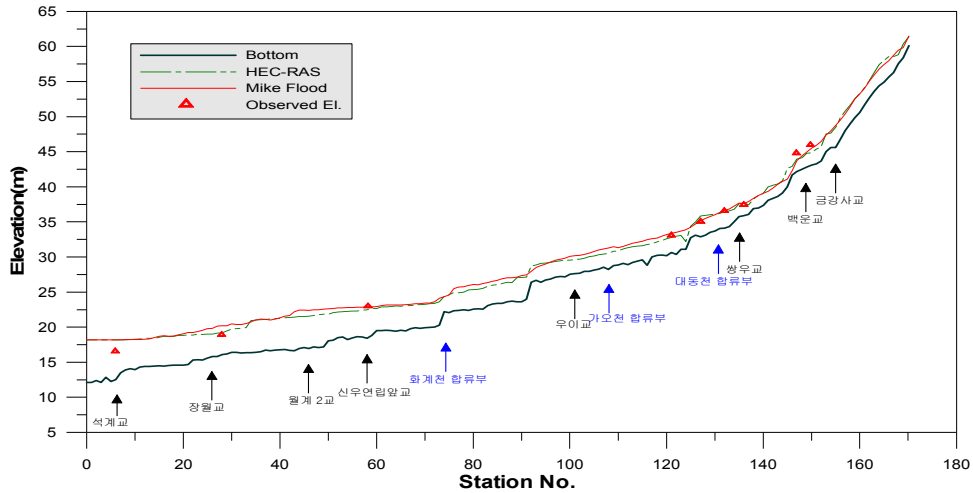


그림 4. 1998년 8월 6일 우이천 최고 홍수위 비교

Mike Flood 모형을 이용하여 '98년 8월 홍수시 우이천유역을 모의한 결과는 그림 5(b)와 같다. 1998년 8월 홍수시 우이천 상류 쌍문-수유지구에 홍수 범람이 발생하였지만 금회 Mike Flood 모형에서는 홍수범람이 발생하지 않았다. 이것은 '98년 8월 6일 홍수시 하천의 퇴적토로 인하여 하상고 상승과 횡단교량의 여유고 부족에 기인되어 나타난 것이고, 금회 모의에서는 하천 퇴적토 및 횡단교량 등의 영향이 반영되지 않은 결과라 할 수 있다. 또한 우이천의 하류부인 장월교 하류의 홍수범람을 비교하면 그림 5(a)와 같이 실제 조사된 범람지역과 Mike Flood 모형을 이용한 모의 결과인 그림 5(b)의 홍수범람 구역이 조금 적게 모의되었다. 이는 Mike Flood 모형을 이용한 홍수범람 모의시 입력변수중 하나인 Wet/Dry 상태와 도시하천의 내수에 의한 영향을 충분히 반영하지 못한 결과로 분석되어진다. 그러나, Mike Flood 모형을 이용한 홍수범람 모의시 실제 조사된 홍수범람지역과 대체로 잘 묘사함을 알 수 있다.

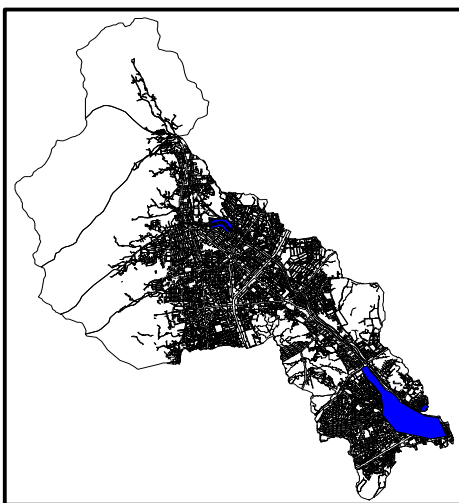


그림 5(a). 실측 홍수범람구역

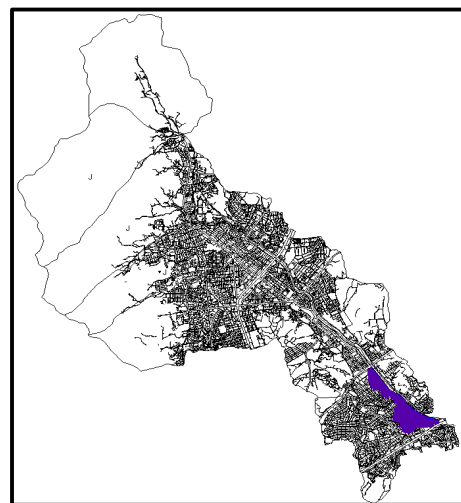


그림 5(b). Mike Flood 모의결과

#### 4. 댐 하류하천 홍수범람 모의

댐 하류하천 홍수범람 모의를 위해 전남 광양시에 위치한 유역면적 119.78km<sup>2</sup>인 수어댐을 대상유역으로 선정하였다. 수어댐은 최근에 치수능력증대 사업의 일환으로 기존 여수로 인근에 비상여수로 신설 공사중에 있으며, 하류하천인 수어천은 지방 2급하천으로서 유로연장이 9km, 하구는 남해 광양만과 인접해 있다. 평균 유역경사는 상류부 1/40~1/80, 하류부 1/370~1/2,000 정도의 경사를 이루고 있다. Mike Flood 모형 구축을 위해서 하도 단면자료는 ‘수어댐 치수능력증대에 따른 하류하천 영향조사 보고서(2005.8, 건교부/한국수자원공사)’의 실측자료를 사용하였으며, 경계조건도 위 보고서에 수록된 주요지점별 유출수문곡선을 사용하였고, 하류부 하구 경계조건은 광양만 조위곡선을 사용하였으며 그림 6(a), 그림 6(b)과 같다.

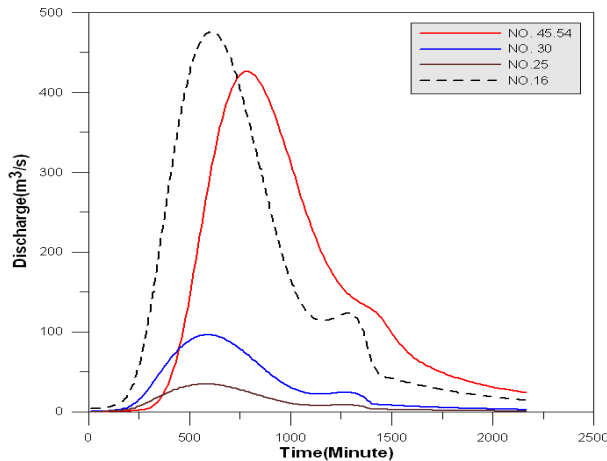


그림 6(a). 주요지점 유출수문곡선

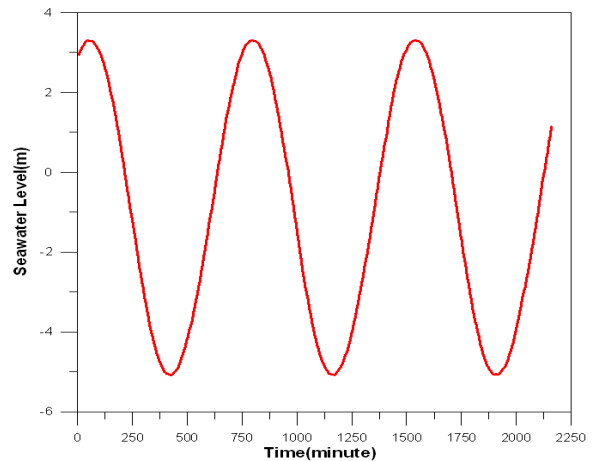


그림 6(b). 광양만 조위곡선

각 주요지점의 경계조건을 바탕으로 홍수범람양상을 살펴보면 다음 그림 7(a), 그림 7(b)와 같다. 그림 7(a)는 ‘수어댐 치수능력증대에 따른 하류하천 영향조사 보고서(2005.8, 건교부/한국수자원공사)’의 PMF에 의한 홍수범람도를 1차원으로 작성한 결과이며, 그림 7(b)는 Mike Flood 모형에 의한 급회 홍수범람을 모의한 결과이다. Mike Flood 모형에 의한 모의결과가 그림 7(a)에 비해 댐 직하류 상류지역에서는 홍수범람이 적게 발생되었고, 중하류는 범람 폭이 약간 넓게 모의됨을 알 수 있다. 이는 홍수범람 모의를 더 잘 표현하기 위하여 Wet/Dry 상태를 작게 입력한 결과라 할 수 있으며, Mike 21 모형 구축시 지형자료를 추출하기 위해 Arc-view에서 DEM 자료 추출시 5×5m로 하여 하도나 제내지의 형상이 실제보다 조금 낮게 나타난 결과라 할 수 있으나 전체적으로 모의 양상이 잘 일치함을 알 수 있다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 댐 하류하천 유역의 홍수범람을 모의하기 위하여 2차원 모형인 Mike Flood 모형의 적용성을 검증하고 수어댐 하류하천 유역에 적용하였다. 1차원 부정류 모형인 Mike 11 모형은 모의시에 상류와 사류 흐름에서 발산하지 않고 대체적으로 안정적인 결과를 나타냈다. 또한 Mike Flood 모형도 댐 하류하천의 홍수범람 양상을 Mike 21 모형에서 구성한 지형격자의 영향을 잘 나타내는 것을 볼 수 있었다. 그러나, Mike 21 모형의 지형격자를 구성하는데 있어 좀 더 지형데이터의 정확도를 높여야 하며, 아직까지 국내에서 적용성이 활발하지 않은 만큼 Mike 11, Mike 21, Mike Flood 모형을 실제 하천에 적용시키기 위해서는 실측치를 토대로 각 모형이 가지고 있는 매개변수의 민감도 분석 등을 통하여 모형의 검증이 더 이루어져야 할 것이며, 향후 이상호우로 인한 댐 붕괴 혹은 댐 하류하천 홍수범람 영향을 검토하여 인명과 재산 피해를 최소화하기 위한 침수예상지역의 비상대피계획(EAP) 수립시 기초자료로 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.



그림 7(a). 수어댐 치수능력증대에 따른 하류하천 영향조사 보고서 홍수범람도

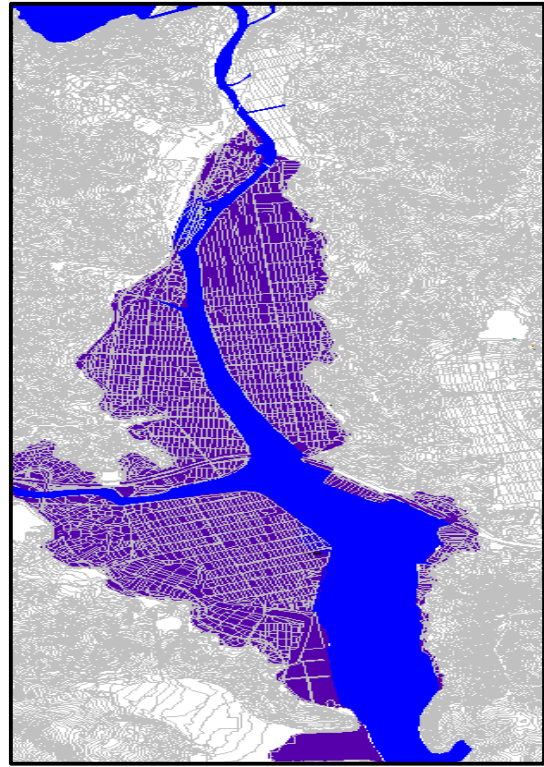


그림 7(b). 금회 Mike Flood 모형을 이용한 홍수범람도

### 참 고 문 헌

1. 서울특별시(2004). 우이천 하천정비기본계획
2. 건설교통부/한국수자원공사(2005). 수어댐 치수능력증대에 따른 하류하천 영향조사 보고서
3. DHI(2003). Mike 11 - A Modelling System for Rivers and Channels User Guide
4. DHI(2003). Mike 21 - Coastal Hydraulics and Oceanography User Guide
5. DHI(2004). Mike Flood - Automated flood modeling and mapping User Guide
6. Sajjad Ahmad, Slobodan P. Simonovic(1999). Comparison of One-Dimensional and Two-Dimensional Hydrodynamic Modeling Approaches For Res River Basin