

격자기반 2차원 범람모형과 다차원법을 이용한 홍수 피해액 산정

Flood Damage Assessment Using Grid Based Two-Dimensional Flood Inundation Model and Multi-dimensional Method

박경원*, 이기하**, 오성렬***, 정관수****

Kyoung Won Park, Gi Ha Lee, Sung Ryul Oh, Kwan Sue Jung

요 지

기후변화의 영향으로 대규모 호우와 예측이 어려운 국지성 호우가 전 세계적으로 빈번하게 발생하고 있으며, 우리나라 또한 최근 강수일수의 감소와 강수량 및 집중호우의 증가추세가 보고되고 있다. 집중호우에 따른 피해를 저감시키기 위한 비구조적 대책으로써 홍수범람 위험지역에 대해서는 침수면적이나 침수심도의 예측은 풍수해로 인한 인명 및 재산피해를 최소화하기 위한 중요한 정보로 활용될 수 있다. 비정방향격자기반 2차원 홍수범람 해석모형은 고정확도의 해석결과를 제공하지만 범람모의를 위한 입력 자료의 구축과 모의시간의 제약성으로 인해 범람예측의 신속성을 확보하기 어렵고, 다른 수리·수문 모형과의 결합이 상대적으로 어려우며, 다양한 래스터 DB들과의 호환이 어려워 홍수피해액을 산정 또는 예측하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 지반고를 고려하여 범람류의 전과거동을 해석하는 정방향격자기반의 2차원 홍수범람해석기법과 다차원 피해액 산정기법을 결합하여 2002년 태풍 '루사'로 인한 '동막', '장현' 저수지의 동시붕괴로 인한 피해지역의 침수편입률 및 침수피해액을 산정하고 실측 침수심도와 피해액 통계자료를 활용하여 모의결과의 정확도를 검증한다.

핵심용어 : 격자기반 2차원 범람모형, 다차원법, 침수편입율, 홍수피해액 산정

1. 서 론

전 세계적으로 대규모 호우와 예측이 어려운 국지성 호우가 빈번하게 발생하고 있으며, 우리나라 또한 최근 강수일수의 감소와 강수량 및 집중호우의 증가추세가 보고되고 있다. 이러한 기후변화에 따른 홍수피해를 저감시키기 위한 비구조적 대책으로써 설계홍수량 초과에 따른 월류 또는 수공구조물의 파괴가 예상되는 홍수범람 위험지역에 대해서는 침수면적이나 침수심도의 예측, 재해취약 지구 보강 등의 적절한 사전 대책에 의해 인명 및 재산피해를 최소화 시켜야 한다. 범람해석에 관한 기존의 연구들은 높은 정확도의 범람해석결과를 얻기 위해 2차원 비정방향격자를 이용하여 수치기법들을 제시하고 신뢰도 높은 해석결과를 보여주지만 모형수행을 위한 지형데이터의 전처리 과정과 모의계산시간의 제약성으로 인해 신속성을 확보하기 어렵고, 입력 자료의 구축과정과 모의시간의 제약성, 다른 모형과의 결합, 수치모형의 결과로부터 피해액을 산정하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 정방향격자기반의 2차원 홍수범람해석기법과 다차원 피해액 산정기법을 결합하여 2002년 태풍 '루사'로 인해 붕괴기록이 있는 '동막', '장현' 저수지의

* 정회원 · 한국수자원공사 K-water연구원 연구원 · E-mail : kwpark@kwater.co.kr

** 정회원 · 충남대학교 토목공학과 건설방재연구소 Post-doc 연구원 · E-mail : leegiha@gmail.com

*** 충남대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : ohsungryul@nate.com

**** 정회원 · 충남대학교 토목공학과 교수 · E-mail : ksjung@cnu.ac.kr

동시붕괴로 인한 피해지역의 침수편입을 및 침수피해액을 산정하고 실측 침수심도와 피해액 통계 자료를 활용하여 모의결과의 정확도를 검증한다.

2. 모형의 개요

본 연구에 적용한 정방형격자기반 2차원 홍수범람모형은 연속방정식과 운동량방정식을 격자기반의 유한차분 수치기법으로 해석하고, 제방붕괴에 따른 홍수와 전달양상을 분석하여 제내지의 침수양상을 예측할 수 있으며, 제방붕괴로 인한 제내지로의 범람 홍수량의 유입뿐만 아니라 수위차에 의한 역유입까지 고려가 가능하도록 개발된 모형이다(이승수, 2010). 제방붕괴에 적합하도록 개발된 모형을 단일 저수지붕괴뿐만 아니라 동시붕괴까지 모의가 가능하도록 수정하여 적용하였다.

2.1 2차원 홍수범람 모형

본 연구에 적용한 홍수범람 모형은 Navier-Stokes 방정식의 2차원 수심적분방정식을 이용하며, 각 x, y방향의 운동량 방정식은 식(1), (2)와 같다.

- x방향 운동량 방정식 :

$$\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uM + \frac{\partial}{\partial y} vM = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x(b)}{\rho} \quad (1)$$

- y방향 운동량 방정식 :

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uN + \frac{\partial}{\partial y} vN = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_y(b)}{\rho} \quad (2)$$

여기서, $uh = M$, $vh = N$, $\tau_x(b) = gn^2(u) \frac{u^2 + v^2}{h^{1/3}}$, $\tau_y(b) = gn^2(v) \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}$ 을 나타낸다.

수치해석기법으로는 Leap-forg 기법을 사용하며, 차분화된 방정식과 경계조건을 고려하여 수행하며, 각 x, y방향의 운동방정식, 연속방정식은 다음과 같다.

- x방향 운동 방정식 :

$$\frac{M_{i,j+1/2}^{n+2} - M_{i,j+1/2}^n}{2\Delta t} + convx(x) + convx(y) \quad (3)$$

- y방향 운동 방정식 :

$$\frac{N_{i+1/2,j}^{n+2} - N_{i+1/2,j}^n}{2\Delta t} + convy(x) + convy(y) \quad (4)$$

- 연속방정식 :

$$\frac{h_{i+1/2,j+1/2}^{n+3} - h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1}}{2\Delta t} + \frac{M_{i+1,j+1/2}^{n+2} - M_{i,j+1/2}^{n+2}}{2\Delta t} + \frac{N_{i+1/2,j+1}^{n+2} - N_{i+1/2,j}^{n+2}}{2\Delta t} = 0 \quad (5)$$

2.2 다차원 홍수피해 산정법

침수심을 고려한 다차원 홍수피해산정방법(Multi-dimensional Flood Damage Analysis: MD-FDA)은 행정구역내 자산 가치를 산정하고 자산의 공간적 분포를 고려한 침수편입율을 결정하여 침수심에 맞는 피해율을 곱해서 직접피해를 산정하는 방법이다. 기존의 개선법 피해액 산정상의 문제점을 보완하기 위하여 “치수사업 경제성분석 개선방법 연구(2004, 건교부)”에서 제시하고 있는 방법으로 침수심의 영향 등을 감안하여 직접피해액 산정 방법의 일부를 개선하였다. 다차원법에 의한 피해액 산정 방법의 주요 과정은 그림 1과 같다.

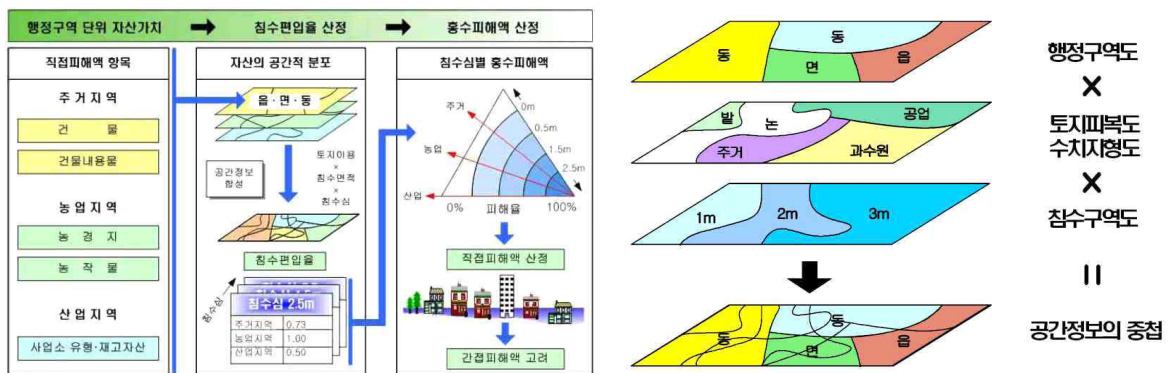


그림 1. 다차원법의 개념도 및 침수편입율 산정의 기본 모식도 (심명필, 2004)

다차원법을 이용한 피해액 산정절차는 다음과 같다.

- (1) 읍면동별로 주거, 농업, 산업 등의 지역특성 구분에 따른 일반자산의 항목별 자산 가치를 산정
- (2) 재현기간별 침수심분포별 침수면적인 침수구역도를 작성한 후 공간정보 합성을 통하여 침수편입율을 산정
- (3) 기존 침수심분포별 피해율자료에서 일반자산의 침수심별 피해율을 산정
- (4) 일반자산의 자산 가치에 침수편입율을 곱하여 일반자산 피해액을 산정
- (5) 공공시설물 피해액은 산정된 일반자산 피해액에 일정 비율을 곱하여 산정하고, 인명 피해액은 기존 개선법과 같은 방법으로 산정
- (6) 일반자산 피해액과 공공시설물 피해액, 인명 피해액을 합산하여 직접 피해액을 산정하고, 간접피해액을 더하여 총 피해액 산정

3. 대상유역 및 모형의 적용

연구 대상유역인 강원도의 ‘동막’, ‘장현’저수지는 그림 2와 같다. 대상유역을 GIS에 의해 $0m \times 90m$ 의 격자형태로 분할하였으며, 각 격자의 조도계수값은 유역의 토지이용도인 그림 3을

이용하여 산정하였다.

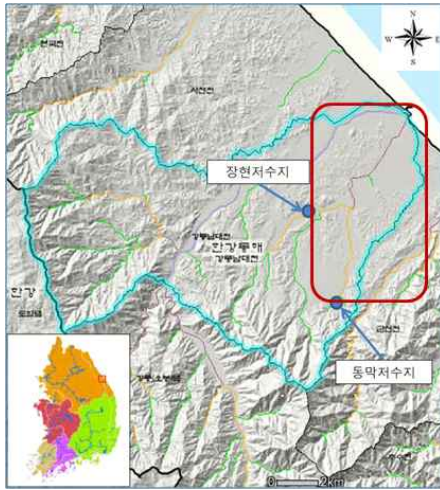


그림 2. 연구대상유역(국토해양부)

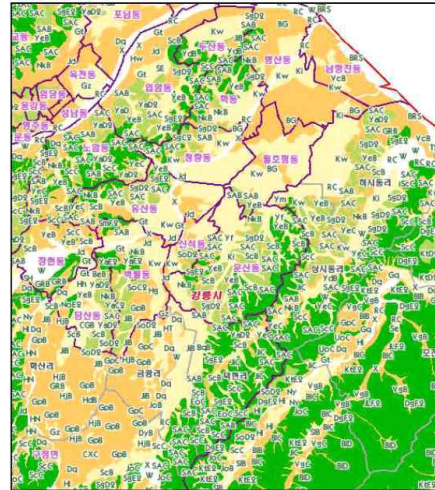


그림 3. 토지이용도(한국토양정보시스템)

모의시간은 여수호가 유실된 8월 31일 12시부터 모의를 시작하였고, 모의 시작 후 약 9시간만인 21시경에 저수지가 완전 붕괴되어 제내지로의 유입량이 급격히 상승하였으며, 모의완료 시간은 12시간만인 24시경에 완료되었다. 그림 4는 현장 조사된 침수흔적도이고, 모의완료 후 제내지 침수결과는 그림 5에 도시하였으며, 실제 침수흔적과 비슷하게 모의되었다.

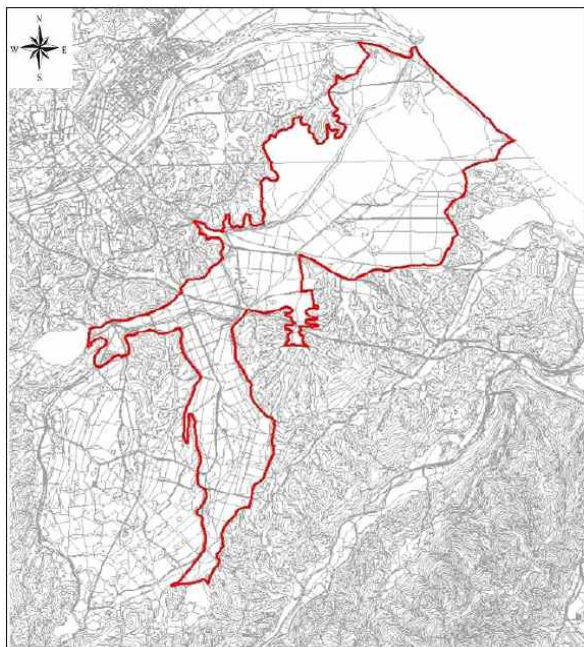


그림 4. 현장 조사된 침수흔적도(한건연, 2005)

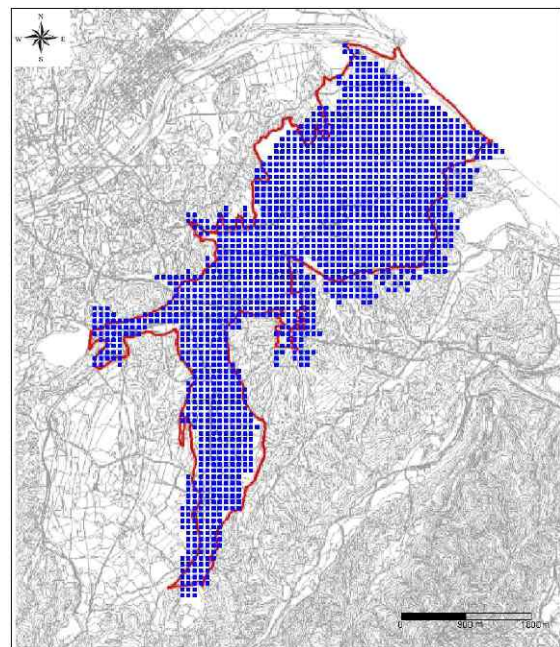


그림 5. 모의완료 후 침수흔적도

모의결과와 통계청의 자료를 이용하여 피해액을 산정한 결과 총 약 523억 원으로 산정되었으며, 이는 농경지와 농작물, 건물 등이 완전히 파괴되어 피해액이 크게 산정된 것을 확인할 수 있

었다. 하지만 인명, 이재민, 부상자의 경우 다차원법의 산정방법에 따라 기존의 개선법을 이용하였을 뿐만 아니라 붕괴 당시 주민들이 미리 대피하여 과다산정 되었으므로, 이를 고려하지 않은 피해액은 약 464억원으로 보고된 피해액인 450억원과 비슷하게 산정되었음을 확인하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 정방형격자기반 2차원 홍수범람모형과 다차원법을 결합하여 침수흔적도를 작성하고 피해액을 산정하였으며, 조사된 자료를 활용하여 모의결과의 정확도를 검증하였다. 입력자료의 구축시간을 간소화 하고, 모의시간이 짧아 효율적으로 모의를 할 수 있었으며, 모의결과를 이용하여 피해액을 산정할 경우 공간정보의 합성이 용이하여 보다 효율적으로 피해액을 산정할 수 있었다. 따라서 본 연구에 적용된 모형은 향후 분포형 수문모형과 결합을 통하여 실시간 홍수범람 예측과 정확한 피해액산정시스템으로의 확장이 가능할 것으로 기대된다.

감 사 의 글

본 연구의 일부는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업(08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 국립방재연구소 (2002). 2002 태풍 루사 피해 현장조사 보고서
2. 소방방재청 (2005). 2002년 재해연보
3. 이승수 (2010). SRTM 데이터를 이용한 격자기반 2차원 홍수범람모형의 개발, 공학석사 학위논문, 충남대학교
4. 한건연, 김극수, 김병현, 박상덕 (2005). “태풍루사시 장현·동막저수지 붕괴에 따른 홍수범람해석”, 한국수자원학회 학술대회논문집, pp.105-108
5. 한국수자원공사 (2002). 태풍 루사에 의한 2002 전국 홍수조사 보고서
6. Beffa, C. and Connell, R, J. (2001). “Two-Dimensional flood plain flow. I:Model Description”, Journal of Hydrological Engineering, ASCE, 6(5), pp.397-405
7. Horritt, M.S. and Bates, P.D. (2002). “Evaluation of 1-D and 2-D numerical models for predicting river flood inundation”, J. Hyd., 268, pp. 87-99