

FLUMEN 모형에 의한 황구지천 인접지역의 홍수범람 모의

Simulation of FLUMEN model for Estimating Flood Inundation in the Adjacent Area of the Hwang-Gu-Ji Stream

김민혁*, 안태진**

Min Hyeok Kim, Tae Jin Ahn

요 지

본 연구는 황구지천 인접 지역의 홍수지도를 작성하기 위하여 황구지천 제방 파제시 홍수범람 모의를 실행하였다. 홍수범람모의에 적용한 수치모형은 FLUMEN이며 황구지천 세마교부터 수직교 구간 인접지역의 홍수범람을 모의하였다. 수치지형도에 의한 지형자료와 함께 조도계수 및 홍수수문곡선은 황구지천 관련 계획보고서의 자료를 인용하였다. 월류에 의한 범람 양상을 파악하기 위하여 확률홍수시 현 제방고를 적용한 초기 침수 빈도를 적용하였다.

범람시나리오를 작성하기 위하여 2개의 파제위치를 선정 후 범람 모의를 수행하였다. FLUMEN은 미리 제방을 파제한 후 처오름 해석으로 모의하는 방법과 하도에 물이 가득 찬 후 제방을 파괴하는 방법이 있으며 본 연구에서는 전자의 방법을 적용하였다. 제방의 범람에 따른 침수시간, 유속분포의 변화, 침수심, 침수면적 등을 산정하고 제방의 파제에 따른 침수시 파제폭에 관한 변화를 주어 범람면적의 변화 및 시간의 변화 수문곡선상 문제점을 검토하여 해당지점의 적정한 파제폭, 침수심, 침수시간 등을 제시하여 홍수지도 작성시 필요한 자료를 제시하였다.

핵심용어 : 수치모형, FLUMEN 모형, 파제폭, 침수심, 침수시간

1. 서 론

국내에서는 최근 기후변화에 의한 계절성 집중호우가 증가하는 추세로, 이에 따른 홍수피해로 큰 경제적 피해를 입고 있다. 이에 따라 국가의 경제적 손실을 줄이고 국민의 생활의 안정을 위해 각종 재해대책과 치수계획 수립 시 홍수범람 해석에 대한 타당한 추정이 요구되고 있다.

상습적인 홍수피해에 대비한 비구조적인 대책의 일환으로서 홍수관리 방법인 홍수지도제작은 상습침수 지역의 인명피해를 0(zero)으로 하며 경제적인 피해를 최소화 하는데 목적이 있다.

범람해석에 따른 홍수지도의 활용으로 방재행정 담당자에게 대피경로 점검, 긴급방송시스템 확립, 노약자 긴급대피계획 수립 등의 필요한 정보를 제공하며, 홍수시 대피 매뉴얼 기능, 개인가옥의 홍수위험 정도에 대한 정보, 홍수의 위험을 인지해 스스로 적절한 방어를 하는 방법에 대한 정보를 제공함으로써 홍수지도는 지역주민의 예비적인 교육적 자료로서 활용가능하다.

본 연구에서는 스위스의 Beffa에 의해 개발된 FLUMEN(FLUvial Modeling ENgine) 수치모형을 이용하여 황구지천 세마교 ~ 수직교 구간 인접지역의 홍수범람을 모의를 수행하였다.

* 정회원 · 한경대학교 토목안전환경공학과 대학원 박사과정 · E-mail : kmhyouk@empal.com

** 정회원 · 한경대학교 토목안전환경공학과 교수 · E-mail : ahntj@hkku.ac.kr

2. FLUMEN 모형의 이론

2.1 FLUMEN 모형

FLUMEN 모형은 홍수범람과 같은 충격파를 모의하기에 적합한 Roe(1981)의 FDS(Flux Difference Scheme)가 사용되어 수치해의 진동을 크게 완화시킨다.

지배방정식은 수심 적분된 비선형 천수방정식으로서 보존형으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial y} + \mathbf{S} = 0$$

표 1. FLUMEN 모형의 특징 및 적용범위

특징	적용범위
① 지배방정식 - 비선형 천수방정식 ② 상류 및 사류의 해석이 가능하며, 도수에 대해 수치적으로 안정 ③ 습윤(wet) 및 건조(dry) 지역의 해석이 가능함. ④ 하천의 합류점이나 만곡수로와 같은 수리학적 으로 복잡한 지역의 해석도 가능 ⑤ 파제나 유사이동과 같은 하상 변동모의가 가능 ⑥ 시간적 변화에 따른 수면의 처오름 해석이 가능 ⑦ 구조물 주변에서의 흐름의 변화 해석이 가능	① 홍수모의 및 홍수 위험평가 (Flood modeling and hazard assessment) ② 댐 붕괴 해석(Dam break analysis) ③ 거주 지역 평가(Habitat assessment) ④ 3차원 흐름해석(3D Flow analysis) ⑤ 수공구조물 설계 (Design of hydraulic structures)

3. 대상지역의 설정

3.1 황구지천 유역의 특성

한강권역의 안성천수계에 속하며 안성천의 제2지류로, 황구지천은 경기도 군포시 오봉산(205 m)에서 발원하여 평택시까지 흐르며, 5개의 시(의왕, 수원, 화성, 오산, 평택)를 통과하는 하천으로 그중 국가하천구간은 4개시를 통과하고 있다.

본 범람해석을 실시하는 구간은 현재는 농경지 지역으로 하천의 좌·우안이 대부분 농경지이며, 제내지의 일부구간이 농가 및 소규모 주거지역으로 구성되어 있다.

표 1. 하천의 개황

수계명	분류	1지류	2지류	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	하천연장 (km)	비 고
안성천	안성천			1,655.73	59.51	37.34	
		진위천		732.22	50.00	18.00	
			황구지천	257.80	32.5	16.3	

4. 제방의 수리학적 검토를 통한 파제구간 설정

4.1 초기침수빈도 검토

제방의 초기침수빈도 산정에 따른 제방의 월류에 의한 빈도를 검토한 결과, 용수제가 51년 빈도로 가장 작은 것을 알 수 있으며 내천제가 718년 빈도로 가장 큰 것을 알 수 있다. 이는 이상홍수 발생시 용수제는 홍수시 치수안전빈도가 낮은 제방임을 알 수 있다.

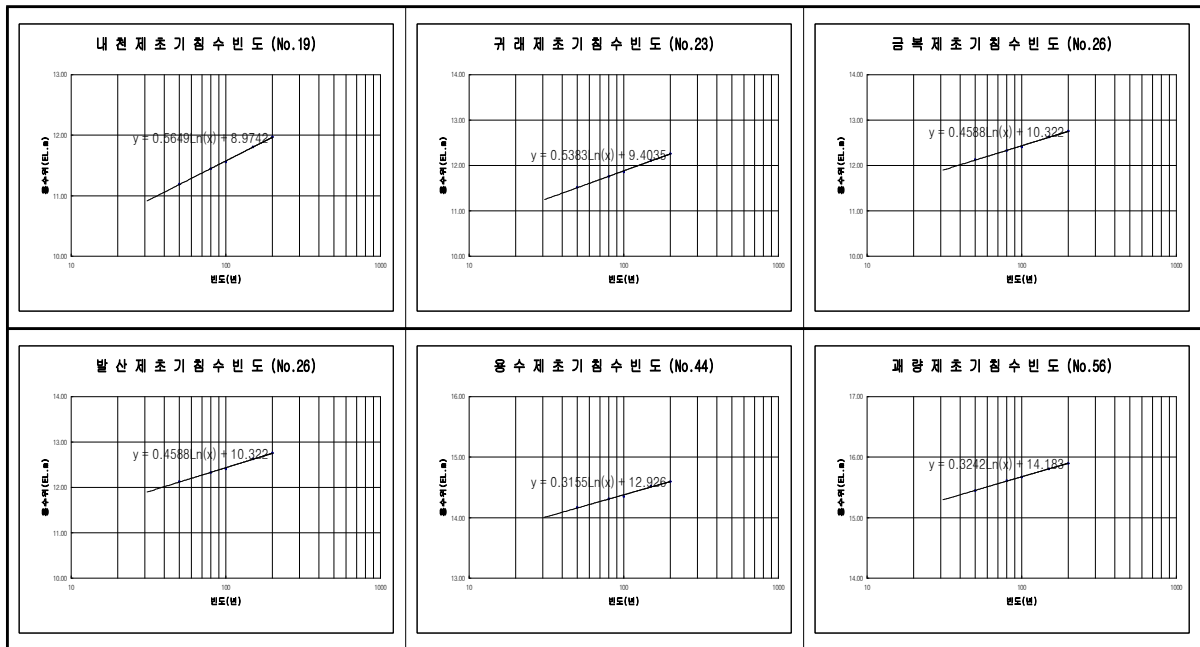


그림 1. 홍수범람구역별 초기침수빈도 그래프

4.2 예상파제구간 선정

예상파제구간의 선정은 범람구역을 대상으로 제방구간의 축점별 초기침수빈도 산정시 제방의 월류 빈도가 가장 낮은 제방의 지점, 제방 호안별 소류력 검토시 소류력이 가장 크게 나타난 지점, 시설물 검토시 배수시설물 중 규격이 큰 시설물 지점, FLUMEN의 흐름해석시 흐름의 양상 및 속도벡터 값이 큰 지점 등 항목별 내용을 종합적으로 검토하여 중복되는 지점 및 각 항목에 따른 가중치를 적용하여 예상되는 파제구간을 선정하였다.

표 3. 예상 파제지점 및 파제 높이의 설정

범람구역명	제방명	축점	안 별	하 폭(m)	파제폭	파
범람구역 1	발산제	No. 38	우	237	40	1.16
범람구역 2	용수제	No. 31	좌	220	40	1.36

5. Flumen 모형에 의한 홍수범람 모의 결과

본 연구에서는 월류에 의한 범람해석은 Dry Start 방법을 적용하여 해석하였으며, 파제에 의한 범람해석은 Hot Start 방법으로 해석을 실시하였으며 해석결과는 다음과 같다.

5.1.1 월류범람 및 침수분석

황구지천의 계획빈도인 100년 빈도에 대한 홍수수문곡선을 이용하여 하천제방의 월류에 대하여 모의한 결과, 초기침수빈도 검토시 제방의 높이가 낮은 용수제에서 가장먼저 월류가 발생하는 것으로 나타났으며, 홍수의 제방월류로 인해 발생하는 범람면적은 최대 3.6 km², 평균침수심은 1.5m ~ 3.0m 인 것으로 나타났다.

5.1.2 파제 범람 및 침수분석

홍수에 의해서 제방이 파제되는 것을 가정하여 2개소의 파제지점을 선정하여 범람해석을 실시하였으며, 각 지점의 파제의 의한 침수분석은 다음과 같다.

- 1) 파제1 지점에 대한 범람모의 결과 월류 범람과 비슷한 유형을 보이고 있으며, 파제1 지점은 최대 범람면적 1.05 km², 최대 침수심은 2.5m로 이는 파제구역이 비교적 좁고 배후지가 적어 파제에 의한 영향이 상대적으로 작기 때문인 것으로 판단된다.
- 2) 파제2 지점에 대한 범람모의 결과 최대 범람면적은 1.76 km²이며, 최대 침수심은 3.0 m 로 나타났다으며, 제내지의 도로와 인접하여 범람면적이 도로를 넘지 않은 것으로 조사되었으나, 침수심은 파제1지점보다 제내지 표고가 낮아 침수심이 큰 것을 알 수 있다.

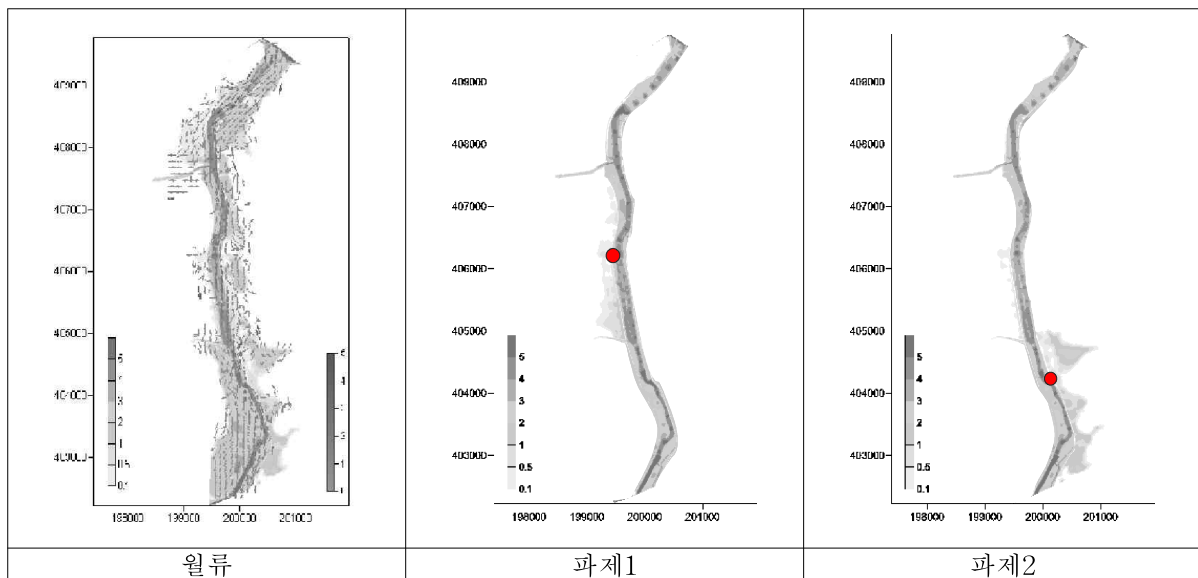


그림2. 월류 및 파제 범람도(100년 빈도)

6. 결 론

본 연구에서는 FLUMEN 수치모형을 이용하여 황구지천 세마교 ~ 수직교 구간에 관한 범람 해석을 모의 수행하였다. 대상구간의 침수면적, 침수심, 유속분포등의 범람해석을 수행하였으며 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

제방이 낮은 지점에서 월류로 인한 홍수범람의 양상은 초기침수빈도해석 결과와 유사한 것으로 나타났으며, 범람 해석결과 홍수에 의해 발생하는 월류 범람면적은 3.6 km² 으로 나타났고, 침수심도 1.5m ~ 2.0m 발생 하는 것으로 나타났다.

과제1 지점은 범람면적 1.78 km², 침수심은 2.5 m 로 나타났으며, 과제2 지점은 범람면적 1.56 km² 침수심은 3.0m로 나타났다.

황구지천 특성상 제내지가 평야지인 특성을 감안 하여 불 때 농경지 대부분이 침수되는 것을 알 수 있으며, 그 영향은 제내지를 통과하는 도로나 지천의 경계까지 과제 영향이 발생하는 것으로 나타났다. 수지도는 그 자체만의 경계선만으로는 의미가 크지 못하다. 홍수경보의 전달체계, 합리적인 토지이용규제 및 개발계획 등의 비구조적인 대책과 서로 맞물려서 활용될 때 그 위력을 발휘하는 것이다.

또한 과제 예상구간에서 하폭에 관한 제방 붕괴폭의 관계를 과제시 붕괴폭에 관한 실제조사 자료를 근거로 정립하여 제시하였다.

본 연구결과는 지형측량을 통하여 정도 높은 격자체계를 구성하고 하도내외의 조도계수를 산정하면 황구지천 인접지역의 홍수지도 제작에 활용될 수 있어 홍수예경보, 토지이용계획 등의 수립에 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2002), 안성천수계 하천정비기본계획
2. 김진홍(2000), 월류에 의한 제방 붕괴해석, 건설환경논문집
3. 김진홍(2000), “제방붕괴에 관한 수리학적 연구”, 건설환경논문집, 제12권 제1호, pp.1-16
4. 배용훈, 고덕구, 조용식 (2005). “FLUMEN모형을 이용한 홍수범람모의”, 한국수자원학회논문집, 제38권 제5호, pp. 355-364
5. Beffa, C.(2003), FLUMEN User Manual version 1.2. <http://www.fluvial.ch>
6. Glaister, P.(1988). An approximate Linearised Riemann Solver for the Euler Equations of Gas Dynamics., Journal of Computational Physics, Vol. 74, pp. 382-408