

파제에 의한 홍수범람 및 하도내 수위변동 분석

The analysis on Flood Inundation and Water
Level Variation in Stream by Levee Break

정하옥*, 박상우**, 문병석***, 장석환****, 오경두*****

Ha Ok Jeong, Sang Woo Park, Byoung Seok Moon, Suk Hwan Jang, Kyung Do Oh

요 지

본 연구에서는 태풍 및 집중호우로 발생되는 홍수류에 의해 많은 피해를 입을 수 있는 도시하천유역의 하천 제방 붕괴시 홍수범람모의를 실시하였다. 연구 대상 하천으로는 전주천유역을 선정하였으며, 전주천 하천 제방을 가상으로 붕괴시켜 홍수범람구역에서의 시간의 변화에 따라 침수양상 및 침수수위 등을 분석하고, 제방 붕괴에 의한 범람 진행시 하도내의 수위변화를 비교 분석하고자 하였다. 이에 따른 침수심도 및 홍수범람도를 SURFER와 연계하여 작성한 다음 기준의 홍수범람도 작성 방법 중 하나인 Arcview GIS를 이용하여 작성한 홍수범람도와 비교·검토하여 전처리과정이 비교적 간단하고 정밀도가 높은 침수심도 및 홍수범람도를 작성할 수 있는 방법을 제시하고자 하였다.

그 결과 시간의 변화에 따라 하도내에서 홍수범람구역으로의 월류량 및 침수수위, 침수수량 등의 결과를 얻을 수 있었다. 제방 붕괴로 인한 하도내 수위의 변화는 크지 않은 것으로 분석되었으며, Arcview GIS와 SURFER를 이용하여 작성한 홍수범람면적의 차이가 크지 않아 전처리과정이 복잡한 Arcview GIS보다 비교적 작성방법이 간단하고 정밀도가 높은 침수심도 및 홍수범람도를 동시에 작성할 수 있는 방법을 제시하였다.

핵심용어 : 제방 붕괴, 부정류 해석, 침수심도, 홍수범람도, Arcview GIS, SURFER

1. 서 론

대부분이 산악지형으로 이루어지고 하상경사가 급한편에 속하는 우리나라 하천의 경우 이상기후나 태풍, 집중호우 등으로 발생하는 하도내의 홍수류에 의해 하천의 제방이 붕괴되어 제내지로의 월류로 인한 홍수범람이 발생하여 농경지 및 산업기반시설, 인구가 밀집한 주택지역 등 홍수범람으로 인한 침수 및 구조물의 파손 등으로 많은 피해가 발생하고 있는 실정이다. 이러한 홍수피해의 조절 및 경감을 위하여 건설된 댐, 제방, 저류지 등의 수공구조물은 1차적으로 제어하는 구조물로 운영의 미흡이나 설계규모의 부적절, 또는 구조물 자체가 붕괴될 경우에는 더욱 큰 피해를 야기할 수 있는 가능성을 내재하고 있다. 이러한 홍수재해의 경감을 위하여 최근에 와서는 각 하천에 산정된 홍수량을 이용하여 가상으로 홍수범람모의를 실시하거나 실제 하천의 제방이 붕괴되었던 지역을 적용하여 홍수범람에 대해 연구하는 등 수자원 분야에 많은 연구가 진행되어지고 있으며, 홍수에 의해 제방이 붕괴된 대표적인 국내사례는 2000년의 봉산제(태풍 루사 피해 현장 보고서, 2000), 2002년의 가현제(호우피해 현장조사 보고서, 2002), 2003

* 정회원·서남대학교 토목공학과 박사과정 E-mail : haock0853@nate.com
** 정회원·서남대학교 토목공학과 교수 E-mail : psw0232@seonam.ac.kr
*** 정회원·서남대학교 토목공학과 교수 E-mail : mbs0235@seonam.ac.kr
**** 정회원·대진대학교 토목공학과 교수 E-mail : driang@daejin.ac.kr
***** 정회원·육군사관학교·토목환경학과 교수 E-mail : okd0629@kma.ac.kr

년의 미천제 및 월현제, 백산제(태풍 매미 피해 현장조사 보고서, 2003) 등의 붕괴 사례가 있다.

따라서 본 연구에서는 제방이 붕괴되었을 경우 많은 피해를 야기할 수 있는 도심유역하천인 전주천을 대상으로 각 빈도에 대하여 제방 과제 높이에 따라 가상적인 홍수범람모의를 실시하였다. 시간의 변화에 따라 월류량 및 침수 수위, 침수수량 등을 분석하기 위해 HEC-RAS를 이용하여 부정류 해석 및 저류지 범람해석을 실시하였으며 기준의 홍수범람도 작성 방법보다 전처리과정이 비교적 간단하면서도 정확한 홍수범람도 작성 방법을 제시하기 위하여 SURFER와 연계하여 침수심도 및 홍수범람도를 작성하였고 Arcview GIS를 이용한 홍수범람면적과 비교 분석하였다.

2. 홍수범람구역의 선정 및 범람 모형의 구성

본 연구의 분석대상인 하도구간은 전주천의 국가 하천의 구간으로 국가하천인 만경강 본류와 합류점에서 지방 1급 하천인 삼천과 합류점까지로 대상하도 구간이 7.0km이다. 홍수범람모의 구간은 홍수시 제방붕괴의 위험성이 있고, 또한 제방 붕괴시 많은 사회 및 경제적인 피해가 발생할 우려가 있는 구간을 선정하고자 하였다. 그 결과 만경강 합류점으로부터 3.8~4.0km에 위치한 구간으로 하도가 좌우로 심하게 만곡 되는 수중부로서 이상 홍수류 등에 의해 제방이 붕괴될 위험성을 가지고 있는 구간을 선정하였으며, 홍수범람모의를 위하여 HEC-RAS의 저류지 가능을 이용하여 제방 붕괴폭 150m, 붕괴높이 16.46m(CASE-1)과 15.46m(CASE-2)의 2가지의 제방 붕괴 규모로 홍수범람모의를 실시하였다. 가상으로 산정된 홍수범람구역의 면적 $A = 997,632 \text{ m}^2$, 체적 $V = 498,821 \text{ m}^3$ 의 주거 지역 및 상업지역 등이 밀집되어 있는 지역이며, 전주천 하도 구간의 조도계수는 0.028로 동일시 적용하였고, 상류단 경계조건은 100년, 200년 빈도의 유량수문곡선을 사용 하였으며, 하류단 경계조건은 각 빈도별 정상등류의 홍수위를 사용하였다.

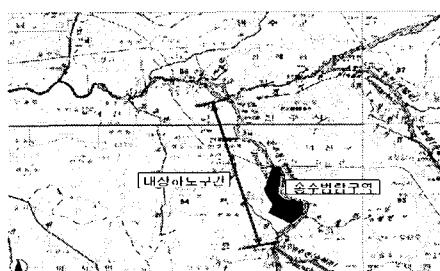


그림 1 전주천 대상하도 위치도



그림 2 제방 붕괴 선정 구간 전경

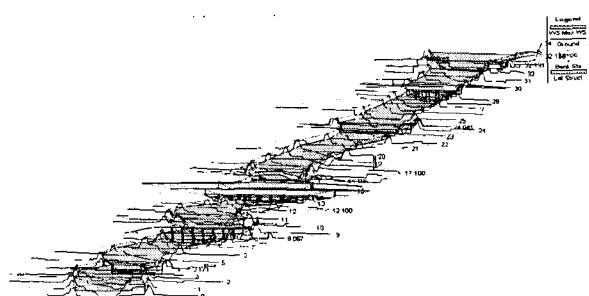


그림 3 홍수범람모의 모형 구성

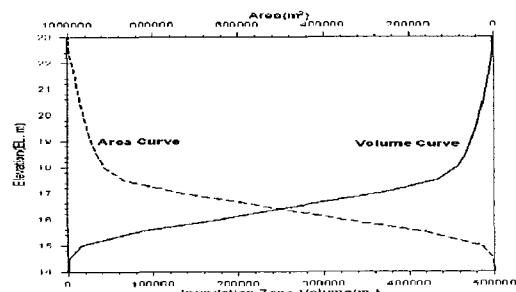


그림 4 Level-Area-Volume Curve

3. 홍수범람모의

3.1 제내지의 홍수범람분석

범람이 진행된 후 홍수범람구역에서의 수위변화를 보면 하도에서의 수위가 제방의 높이보다 높아지는 시간부터 홍수터로의 유입이 시작되고 있으며, 시간에 따라 하도와 같이 수위가 상승하며 수위가 떨어지면 홍수터에서 하도로의 재유입이 이루어지고 있음이 모의되었다. 100년 빈도에서는 0.24m, 200년 빈도의 경우는 0.09m정도의 침수위 차 이를 보여 그 차이가 크지 않는 것으로 분석되었다.

표 1 각 CASE별 및 빈도별 월류량 비교

구 분		첨두월유량 (m ³ /s)	침수수위 (EL. m)	첨 두 시 간	월 류 종료시간	총 월류량 (m ³)
100년 빈도	CASE-1	52.84	16.75	1시간 30분	2시간 30분	317,210
	CASE-2	96.40	16.99	1시간 30분	2시간 30분	334,530
200년 빈도	CASE-1	89.94	17.20	1시간 30분	2시간 30분	393,100
	CASE-2	131.56	17.29	1시간 00분	2시간 30분	405,530

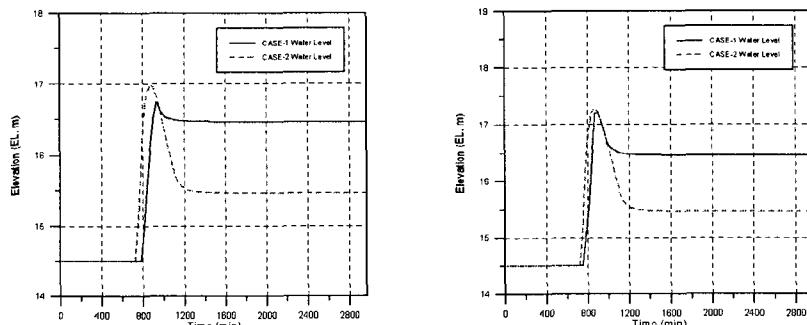


그림 5 홍수범람구역의 빈도별 침수수위 변화

3.2 하도내 수위변동 분석

홍수류에 의해 제방의 붕괴가 발생하면 하도내의 홍수량이 제내지로 유입된 홍수량 만큼 하도내의 홍수위는 하강하게 된다. 각 빈도별로 제방 붕괴전과 붕괴후에 대한 하도내의 최고 홍수량 및 최고 홍수위를 붕괴지점 직하류 단면에서 비교 분석하였다.

표 2 붕괴 전·후 하도내의 최대 홍수위 비교

구 分	No.18		No.19	
	최고 홍수위(m)		최고 홍수위(m)	
100년	파제전	16.66		16.90
	CASE-1	16.60		16.83
	CASE-2	16.52		16.64
200년	파제전	16.94		17.18
	CASE-1	16.87		17.10
	CASE-2	16.80		16.93

최고 홍수위는 0.30m이내의 수위변화를 보여 제방 붕괴로 인한 하도내의 홍수량 및 홍수위의 변화는 그리 크지 않은 것으로 분석되었다. 이러한 이유는 제방 붕괴구간을 통해 하도로부터 제내지로 홍수량이 유입 되지만 하도의 홍수위도 높지 않고, 홍수범람구역의 지형표고가 높은 편이어서 홍수범람구역으로의 월류되는 양이 하도내의 홍수량의 비해 크게 작아 하도내 수위변화는 크지 않은 것으로 판단되었다.

4. 침수심도 및 홍수범람도 작성

4.1 침수심도

본 연구에서는 홍수범람으로 인해 홍수범람구역에서의 침수심을 분석하기 위해 SURFER와 연계하여 200년 빈도에 대해 각 CASE별로 0.5m의 깊이의 등간격으로 최대 침수가 발생한 시점에서 침수심도를 작성하였다.

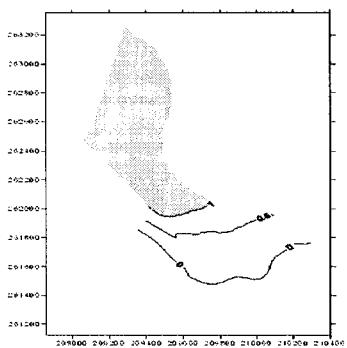


그림 6(a) CASE-1 침수심도

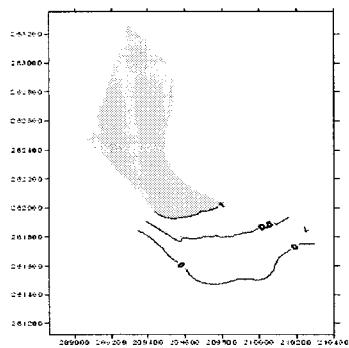


그림 6(b) CASE-2 침수심도

4.2 홍수범람도

200년 빈도에 대해 각 CASE별로 Arcview GIS와 SURFER를 이용하여 홍수범람도 작성 및 범람면적을 비교 분석하였다.

표 3 200년 빈도에 대한 각 CASE별 홍수범람면적 비교

	총면적 (m^2)	SURFER(m^2)	Arcview GIS (m^2)	SURFER 침수면적비(%)	Arcview GIS 침수면적비(%)	침수면적비차 (%)
CASE-1	997,632	736,637	781,170	73.84	78.03	4.19
CASE-2		748,886	792,843	75.06	79.47	4.41

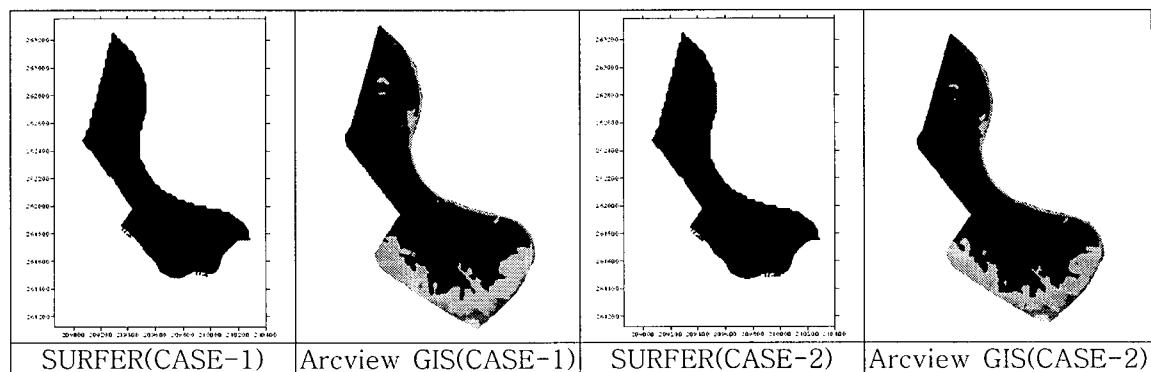


그림 7 SURFER와 Arcview GIS를 이용한 홍수범람도 비교

5. 결 론

본 논문에서는 전주시를 관통하고 있는 도심지역하천인 전주천을 대상으로 강우 규모와 제방 봉괴 높이에 따라 홍수범람해석을 실시하였으며, 범람이 진행된 후 하도내의 수위변화를 분석 및 홍수범람구역의 침수심도 및 홍수범람도를 작성하였다. 이상의 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 본 연구에서는 부정류 흐름으로 저류지 모의을 실시한 결과 시간에 따른 하도에서 제내지로의 월류량 및 침수수위, 침수면적, 하도내의 수위변화 등을 분석할 수 있었으며, 침수양상의 파악과 그에 대한 홍수범람도를 작성할 수 있었다.
2. 파제에 의한 하도내의 수위변동을 파제구간의 직하류 단면에 대해 분석한 결과 파제전 홍수위와 파제후의 홍수위의 차이가 약 0.30m 정도의 변동을 보여 파제에 의한 하도내의 수위변동은 크지 않았다. 하지만 본 연구는 제방 봉괴에 대한 일부 경우로서 제방 봉괴가 확대 될 경우 하도내의 수위변동은 클 것으로 예상된다.
3. 200년 빈도에 대해 Arcview GIS와 SURFER를 이용하여 각 CASE별로 범람면적을 비교 분석한 결과 Arcview GIS를 이용하여 작성한 홍수범람도가 정밀도가 약간은 높았으나, SURFER를 이용한 홍수범람도의 범람면적과 약 4% 정도의 차이를 보여 그 차이가 크지 않았으며, Arcview GIS의 전처리 과정보다 비교적 간단하고 침수심도와 홍수범람도를 같이 작성할 수 있는 방법을 제시할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 김정희(2004). 제방봉괴 규모에 따른 홍수범람 특성 연구, 경기대학교 대학원 토목공학과 석사 학위논문.
2. 김동구, 김원, 김상호(2001). 한강 하류부 흐름해석을 위한 UNET 모형의 적용, 한국수자원학회 학술발표회 논문집(Ⅱ), 673 ~ 678.
3. 신현석, 진성우(2000). HEC-HMS, HEC-RAS와 Arcview를 이용한 수영강 홍수범람지역 설정에 관한 연구, 한국수자원학회 학술발표회 논문집(Ⅲ), 221 ~ 224.
4. 이종태, 한건연, 윤세의, 박재홍(1995). 제내지에서의 범람홍수파 해석을 위한 수치모형의 개발, 한국수자원학회 논문집, 28(5), 163 ~ 174.
5. 한건연, 이종태, 박재홍(1995). 1990년 9월 일산제 제방봉괴에 따른 범람홍수파의 해석, 대한토목학회 학술발표회 논문집(Ⅱ), 45 ~ 48.
6. 西原 巧(1981, 1982). 沼濫解碩과 現地流域에서의 適用, (I), (II), (III), 水利科學.
7. 有賀世治(1977). 有提河川의 波提에 의한 沼濫區域 推定에 關한 實證的 研究, (第 1, 2報), 東海大學紀要.
8. Haestad Methods(2003). *Floodplain Modeling Using HEC-RAS*.
9. U.S. Army Corps of Engineers(2002). *HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual*.