

HEC-RAS/GIS를 이용한 홍수 범람지역 분석

안 승 섭 · 이 중 석 · 김 중 호*
경일대학교 건설공학부 · *경일대학교 대학원
(2003년 11월 7일 접수; 2003년 12월 11일 채택)

Analysis of Flood Inundation Area Using HEC-RAS/GIS

Seung-Seop Ahn, Jeung-Seok Lee and Jong-Ho Kim*
School of Construction Engineering, Kyungil University, Daegu 712-701, Korea
*Graduate School, Kyungil University, Daegu 712-701, Korea
(Manuscript received 7 November, 2003; accepted 11 December, 2003)

The purpose of the study was to construct a forecast system of flood inundation area at natural stream channels. The study built the system to interpret the flood inundation area in four stages ; constructing topography data around the stream channel, interpreting flood discharge, interpreting flood elevation in the stream channel, and interpreting the flood inundation and mapping. According to the result of the analysis, as for the characteristic of flood inundation around the area within the purview of this study, although there were areas where flood inundation over a bank caused a flooded area, the failure of the internal drainage in the ground lower than flood elevation caused more serious problems. Rather than the existing method where only the estimated flood elevation data is used based on the hydrographical stream channel trace model(such as the HEC-RAS model) to establish the flood inundation area, if the procedure introduced in this study was applied to interpret the floodplain, actual flood inundation area could be visibly confirmed.

Key Word : Flood inundation area, Floodplain, HEC-RAS, GIS

1. 서 론

급속한 산업화와 도시화의 진전으로 지구 온실효과가 발생하여 엘니뇨, 라니냐와 같은 기상이변의 발생빈도가 높고 기후가 불안정하여 최근 예전보다 많은 집중호우가 발생하고 있어 홍수로 인한 재해 예방 및 경감에 많은 투자와 노력을 할 필요성이 날로 증대되고 있다. 특히 최근에는 홍수의 규모와 발생빈도가 증가하면서 홍수로 인한 침수지역이 많이 발생하여 인명피해와 재산상의 손실이 반복되고 있으며, 재난 방지차원에서 자연하천에는 댐, 제방, 관계용수로, 암거 등의 수공구조물들이 정비·건설되고 있는 실정이다.

그러나, 하천주변의 제내지 및 홍수터에 설치된 각종 시설물 등으로 인한 수문학적 유출특성 등의

변화와 댐으로부터의 급격한 방류 및 결괴(決壞) 등으로 인하여 홍수류 및 토석류 등에 의한 홍수침수 피해가 발생되기도 한다. 홍수범람해석에 대한 연구가 본격적으로 시도되기 시작한 것은 1980년대 초반으로서, Hromadka & DeVries¹⁾에 의해 유한차분모형을 이용한 홍수범람해석을 실시한 이후로, 1990년대에 들어서면서 Syme & Paudyal²⁾, Estrela & Quintas³⁾, Tate 등⁴⁾에 의하여 활발하게 연구가 진행된바 있다. 최근에 와서 Maidment 등^{5,6)}에 의해 지형공간특성자료를 결합하는 범람지역 연구가 활발히 진행 중에 있다. 국내에서는 이종태⁷⁾, 이홍래^{8~10)}, 신현석¹¹⁾ 등에 의한 연구가 진행된 바 있으며, 최근에는 국립방재연구소¹²⁾를 중심으로 홍수정보관리시스템 구축에 관한 연구가 진행 중에 있다.

따라서, 홍수침수 발생 예상지역에 대한 흐름특성의 정확한 파악을 통해 홍수터에 대한 효율적인 관리와 대책이 필요하다고 볼 수 있으며, 실제로 이에 대한 대비책을 마련하기 위해 수리학적 연구의 필

Corresponding Author : Seung-Seop Ahn, School of Construction Engineering, Kyungil University, Daegu 712-701, Korea
Phone : +82-53-850-7314
E-mail : ahrsso@kiu.ac.kr

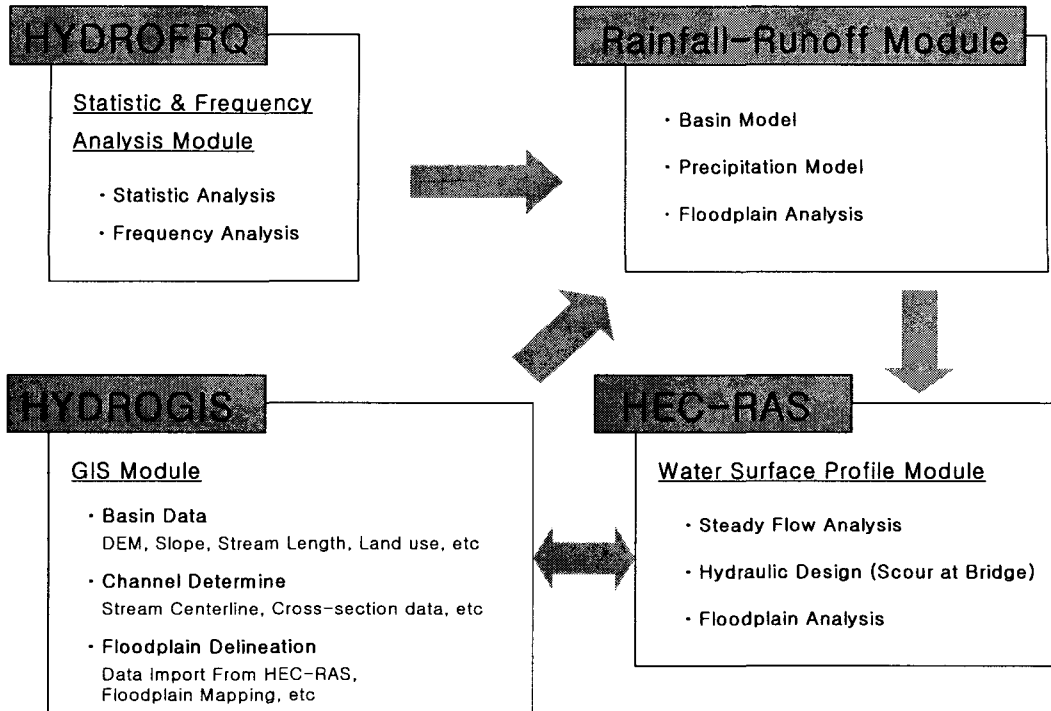


Fig. 1 Conceptual Diagram of Flood Inundation Analysis System.

요성이 크게 대두되어 활발히 연구 진행되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 1차원 수리해석모형인 HEC-RAS모형과 GIS를 연계한 하천 및 주변지역S의 홍수빈도별 범람면적 산정 및 홍수범람 해석을 위한 시스템 구축에 목적을 두었다.

2. 홍수범람분석 시스템 구성 및 대상지역의 지형공간특성 자료구축

2.1 홍수범람 분석 시스템 구성 및 연구대상지역

본 연구에서는 홍수빈도별 규모에 따른 자연하천 주변지역의 홍수범람범위 해석을 위해 HEC-RAS 모형과 ArcView GIS 모형을 연계하였다. 홍수범람 분석 시스템은 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 홍수규모(빈도) 해석단계, 홍수규모별 유출특성 해석단계, 홍수류의 수리학적 거동특성분석단계, 지형공간정보 시스템 구축 및 홍수터 Mapping단계로 나타낼 수 있다.

분석 시스템 내에서 홍수규모해석과 유출특성에 관한 빈도별 홍수량과 빈도별 기점홍수위는 금회 연구에서는 금호강 하천정비기본계획(보완)보고서¹³⁾ 자료를 활용하였다. 또한 홍수규모별 홍수류의 수리학적 거동특성 즉, 유수의 유하특성분석을 위하여 1차원 정류해석 모형인 HEC-RAS모형을 이용하여

홍수위 분석 및 하천 구조물의 홍수위 영향해석을 실시하였다. 그리고, HEC-RAS모형을 이용하여 분석된 중·형단 및 홍수위 특성자료를 입력 매개변수로하여 ESRI사의 ArcView를 이용한 홍수범람지역의 Mapping 및 범람 범위해석을 실시하였다.

다음으로, 본 연구의 대상 지역은 Fig. 2에서 나타낸 바와 같이 금호강 본류 중상류부에 위치한 금호수위관측소 상류 하도구간으로 하였다. 이 하도구

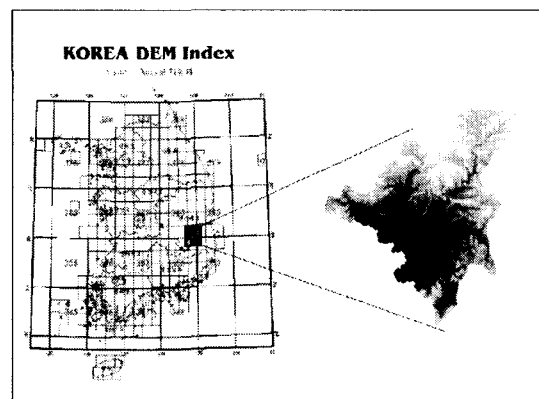


Fig. 2. Location and Elevation Distribution Map of Study Area.

간 상류의 유역특성은 유역면적 920.833km², 유로연장 64.454km이며, 동경 128°41' ~ 129°13', 북위 35°49' ~ 36°15' 사이에 위치하고 있다. 마지막으로, 홍수범람분석을 위한 기본도는 국립지리원발행 1/25,000 수치지도를 이용하였다.

2.2 지형공간자료의 구축 및 DEM(Digital Elevation Model) 자료의 추출

본 연구에서는 홍수범람해석을 위한 지형공간자료 구축을 위하여 대상유역인 금호강 금호수위관측소를 기준으로 상류유역에 해당하는 국립지리원발행 1/25,000 수치지도 17도엽을 기본도로 이용하였다. DEM은 수치표고모형 혹은 수치고도데이터라고 하며 일정한 격자 상에서의 고도 값을 말한다. 수치고도모형의 표현방법에는 크게 수학적 기법과 영상 기법으로 나눌 수 있다. 수학적 기법은 지표면을 수학적으로 표현할 때 연속적인 3차원 함수를 사용하여 복잡한 형태를 평활하게 표현하는 것이다. 영상 기법에는 선형 모델과 포인트 모델로 나눌 수 있으며 선형모델은 지형을 등고선으로 표현하는 것으로 등고선, 단면, 주요형태로 나눌 수 있다. 포인트 모델은 규칙적인 사각형 격자배열로 이루어진 고도행렬을 사용하는 방법과 불규칙한 배열로 이루어진 삼각형 네트워크(TIN: Triangle Irregular Network) 등을 사용하는 방법이 있다. TIN은 델로니 삼각형(Delauney Triangulation)에 따라 불규칙하게 배치

된 절점이나 관찰지점을 삼각기법에 따라 연속적인 삼각면으로 연결된 모델이다. 이 모델은 고도행렬에 비해 자료의 중복을 줄일 수 있으며 경사면 방향과 같은 여러 형태의 계산에 매우 효율적이다. DEM의 추출 방법에 현재 가장 많이 사용되는 방법은 수치지도의 등고선에서 추출하는 방법, 항공 영상에서 추출하는 방법, 위성 영상에서 추출하는 방법이 사용된다. 본 연구에서 사용한 DEM 추출방법은 수치지도에서 추출하는 방법으로 등고선 layer의 값들을 이용하여 Fig. 3과 같이 연구대상지역의 TIN (Triangle irregular network)을 생성하였으며, 연구대상지역의 3차원 구현 결과 Fig. 4와 같았다.

3. 홍수범람분석 및 고찰

3.1 유역유출특성분석

강우에 의한 유출량을 산정하기 위해서는 강우량과 유출량의 실측을 통하여 유역특성에 맞는 강우-유출모형을 적용하여야 하나, 실제로 실측 강우-유출 자료를 취득하기 어려우므로, 통계적기법을 이용한 확률강우량 및 강우시간 분포 자료를 사용하여 강우-유출 분석을 수행한 금호강 하천정비 기본계획에서 산정한 자료를 이용하였다. 본 연구에서의 빈도별 홍수량 조사지점은 금호강 본류권의 청통천 합류전 지점과 신령천 합류후 지점, 신령천 합류전 지점, 고촌천합류후 지점을 대상으로 하였으며, 그 결과 Table 1과 같다.

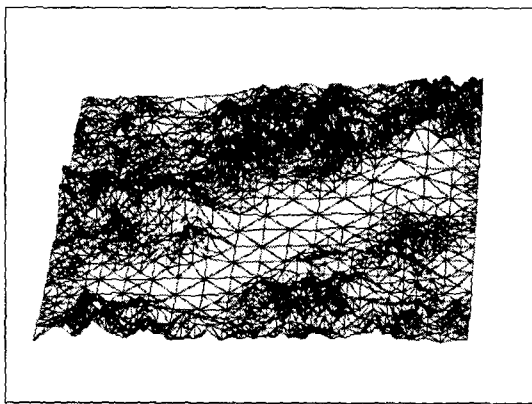


Fig. 3. Creation of TIN.

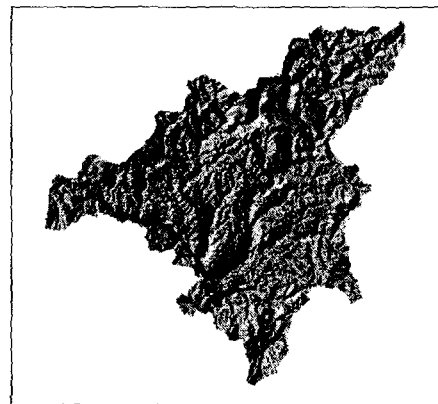


Fig. 4. Image of Three Dimension in Study Area.

Table 1. Design Flood for Each Return Period

Station No.	Design Flood for each return period(m ³ /sec)				
	50-year	80-year	100-year	150-year	200-year
No.100	3440	3750	3900	4160	4350
No.128	3160	3450	3590	3830	4010
No.128+120	1690	1850	1920	2060	2150
No.138	1730	1900	1970	2120	2220

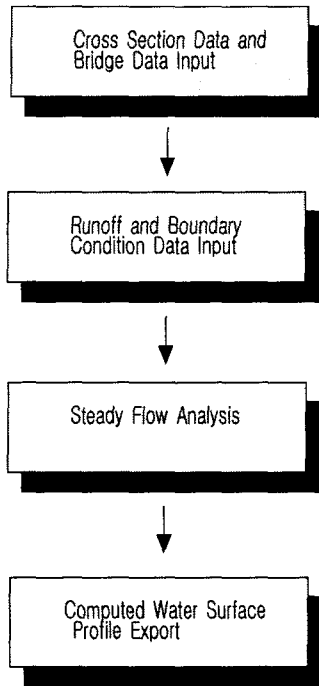


Fig. 5. Procedure of HEC-RAS.

3.2 하도수리특성분석

하도 수리특성 분석을 위해서는 홍수빈도별 기점 홍수위자료와 하도의 횡단면특성자료 및 수공구조물에 대한 자료가 필요하다. 이들 자료를 이용하여 하천 횡단면에서의 홍수위 산정기법과 하천 구조물에 대한 수리해석 기법을 사용하여 빈도별 홍수위 및 수리학적 특성을 해석하게 된다. 본 연구에서는

하도의 수리특성분석을 위하여 HEC-RAS모형을 이용하였으며, 분석과정은 Fig. 5와 같다. HEC-RAS 모형은 자연하천이나 인공하천에서의 정상류·비정상류 상태의 점변류 수면 곡선을 계산하기 위해 윈도우 환경에서 서로 상호작용 할 수 있도록 설계된 통합시스템이다. 이 모형은 정류 수면형 곡선 계산, 부정류 시뮬레이션, 이동 경계 침전물 운반 계산의 세 개의 일차원 수리학적 구성요소로 이루어진다. 상류(subcritical)와 하류(supercritical) 상태의 수면곡선 계산이 가능하며, 교량이나 암거, 홍수터의 구조물과 같은 여러 하천구조물의 영향을 수면곡선 계산에 반영할 수 있다. 계산절차는 표준축차법(Standard Step Method), 즉 Manning 공식에 의해서 산정된 마찰에 의한 손실을 고려한 일차원 에너지 방정식의 수치 해에 근거를 두고 있다.

하도 홍수위 분석을 위한 대상 하도 범위는 본 연구대상지역의 일부로 고촌천합류후 지점으로부터 종점인 금창교 지점까지 약 14km에 해당하는 하도 구간을 100m 간격으로 분석하였다. HEC-RAS를 이용한 하도 홍수위분석을 위한 하천단면자료로는 하천단면의 위치와 하상고, 횡단면 좌표, 단면간의 거리, Manning의 조도계수, 단면의 수축 및 확장계수 등이 있고, 보와 교량의 구조물을 HEC-RAS모형에 입력한 횡단면의 대표적인 예로서 No. 122+460(거여보) 단면과 No. 129+270(영서교) 단면은 Fig. 6과 같다. 분석결과 50년, 80년, 100년, 150년, 200년 빈도별 홍수량을 HEC-RAS 모형에 적용하여 빈도별 홍수위를 Table 2와 같이 산정하였으며, 산정된 빈도별 홍수위 중단도와 횡단도를 비교하여 개략적인 홍수침수범위를 나타내면 Fig. 7과

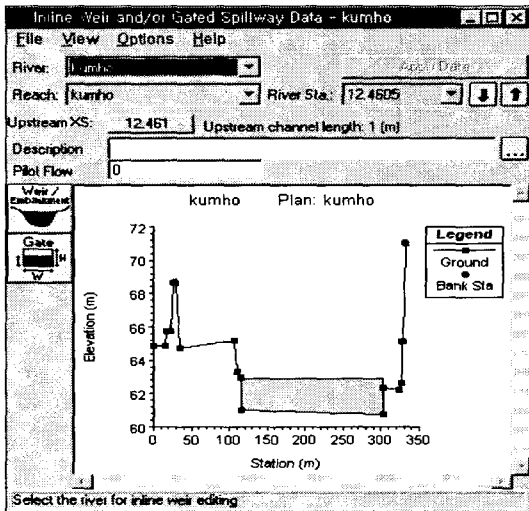


Fig. 6(a). Cross Section Data.

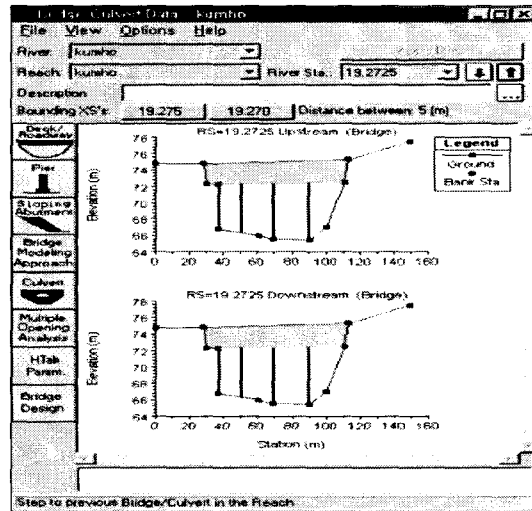


Fig. 6(b). Bridge Information Data.

Table 2. Results of Water Surface Elevation using HEC-RAS Model

Station No.	Accu.. Length (m)	Water Surface Elevation (m)					Station No.	Accu.. Length (m)	Water Surface Elevation (m)				
		50yr	80yr	100yr	150yr	200yr			50yr	80yr	100yr	150yr	200yr
0	0	58.65	58.9	52.51	59.34	59.52	16	7975	69.83	70.11	70.24	70.45	70.6
1	450	59.48	59.74	53.14	60.15	60.34	17	8475	70.49	70.76	70.89	71.1	71.26
2	1000	60.34	60.61	54.12	60.98	61.15	18	8975	70.98	71.24	71.37	71.57	71.73
3	1500	60.96	61.24	53.21	61.61	61.79	18.28	9255	71.22	71.48	71.6	71.8	71.95
3.41	1910	61.22	61.5	53.4	61.88	62.05	18.285	9260	71.27	71.53	71.65	71.85	72
3.411	1911	61.22	61.51	53.4	61.88	62.06	18.5	9475	71.46	71.71	71.83	72.02	72.16
4	2000	61.22	61.5	54.85	61.87	62.04	18.505	9480	71.61	71.88	72	72.21	72.36
4.28	2280	61.76	62.05	62.19	62.43	62.6	19	9525	71.71	71.99	72.11	72.34	72.49
4.285	2285	61.82	62.11	62.25	62.49	62.66	19.27	9795	72.54	72.81	72.93	73.16	73.31
5	2495	62.01	62.29	62.44	62.67	62.84	19.275	9800	72.69	73.07	73.22	73.54	73.75
5.2	2695	62.34	62.65	62.79	63.04	63.22	20	9975	73.51	73.92	74.08	74.42	74.65
5.201	2696	62.34	62.65	62.8	63.04	63.22	21	10475	74.14	74.53	74.68	75	75.22
6	2995	62.29	62.59	62.73	62.97	63.15	21.005	10480	74.24	74.65	74.82	75.19	75.39
7	3495	63.18	63.48	63.62	63.86	64.03	22	10975	74.68	75.07	75.24	75.59	75.78
8	3945	63.64	63.92	64.06	64.29	64.46	22.26	11235	74.82	75.21	75.37	75.71	75.9
9	4395	64.26	64.53	64.66	64.89	65.05	22.265	11240	74.84	75.22	75.38	75.73	75.93
10	4895	64.9	65.19	65.32	65.55	65.71	23	11475	74.96	75.34	75.49	75.83	76.03
11	5495	65.39	65.67	65.8	66.02	66.18	24	11925	75.42	75.75	75.89	76.2	76.39
12	5995	65.9	66.16	66.28	66.5	66.65	24.22	12145	75.8	76.12	76.25	76.54	76.72
12.19	6185	66.09	66.33	66.45	66.64	66.78	24.225	12150	75.81	76.16	76.3	76.62	76.81
12.31	6305	66.51	66.77	66.9	67.11	67.26	25	12375	76.23	76.54	76.66	76.93	77.1
12.46	6455	66.64	66.91	67.03	67.24	67.4	26	12825	77.13	77.36	77.45	77.66	77.8
12.461	6456	66.66	66.91	67.03	67.24	67.4	26.35	13175	77.43	77.66	77.76	77.97	78.1
13	6495	66.55	66.78	66.9	67.09	67.24	26.351	13176	77.65	77.85	77.93	78.12	78.24
14	6975	68.12	68.37	68.49	68.68	68.83	27	13475	77.77	77.99	78.08	78.27	78.4
15	7475	69.01	69.28	69.4	69.61	69.75	28	13925	79.42	79.58	79.64	79.77	79.85

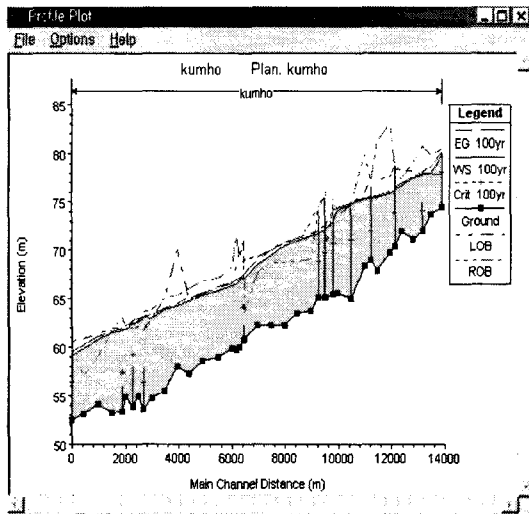


Fig. 7(a). Result of Water Surface Profile.

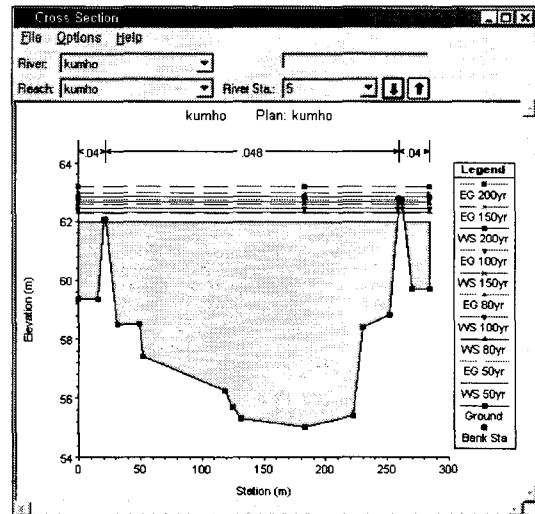


Fig. 7(b). Results of Cross Section Plot.

같이 지역의 3차원적 범람해석이 이루어지지 못하고 단순히 분석 단면의 횡방향 홍수위 크기만 나타낼 수 있는 단점을 지니고 있다.

3.3 홍수범람지역의 Mapping 및 분석 HEC-RAS 모형에서 나타낼 수 있는 홍수범람

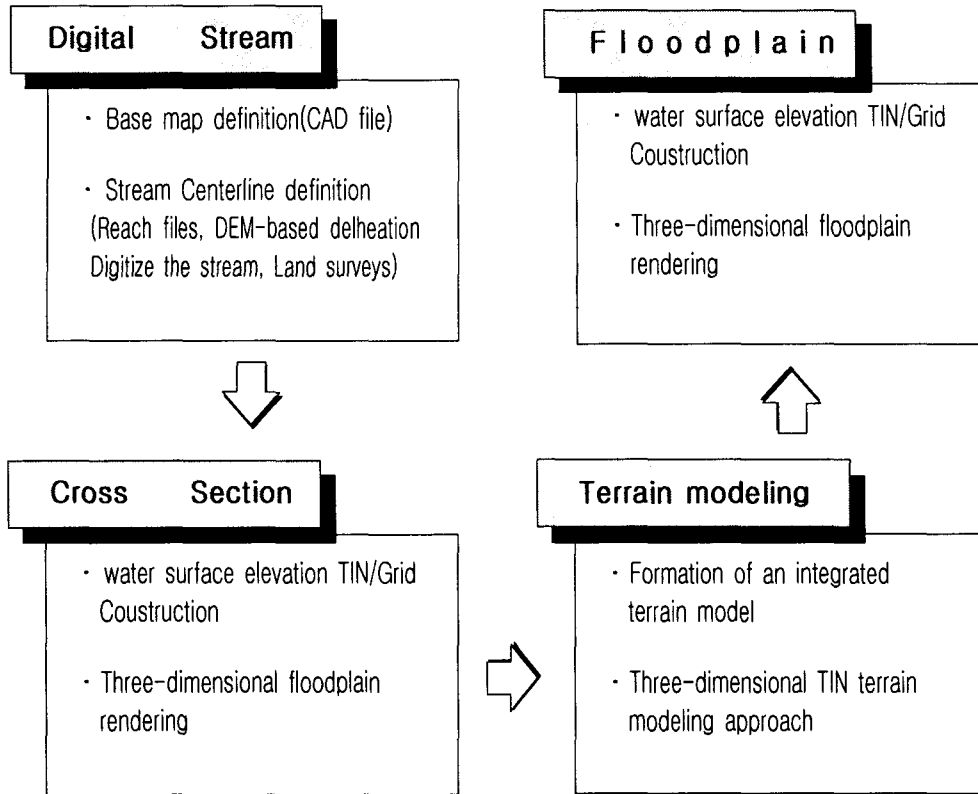


Fig. 8. Procedure of Floodplain Mapping.

Table 3. The Relation of Design Flood and Flood Inundation Area

Return Period (year)	Design Flood		Inundation Area	
	Q (m ³ /s)	Ratio	A (m ²)	Ratio
50	3,440	1	14,424,036	1
80	3,750	1.090	15,024,864	1.042
100	3,900	1.134	15,404,599	1.068
150	4,160	1.209	15,898,300	1.102
200	4,350	1.265	16,319,752	1.131

Table 4. Difference Range of Design Flood and Flood Inundation Area

Return Period (year)	Design Flood		Inundation Area	
	Q (m ³ /s)	Ratio	A (m ²)	Ratio
50~80	310	1	600,828	1
80~100	150	0.484	379,735	0.632
100~150	260	0.839	493,701	0.822
150~200	190	0.613	421,452	0.701

지역은 3.2절의 Table 2와 Fig. 7에서 나타난 바와 같이 단순히 하도 횡단면과 홍수위만을 비교하기 때문에 실질적으로 필요한 정확한 범람지역을 알아내는 데는 많은 어려움이 있으므로 ArcView GIS모형을 이용한 실제 지형지물과 연계된 홍수침

수지역 Mapping과정은 Fig. 8과 같다.

본 연구에서는 하도 횡단면과 하천구조물, 빈도별 홍수량과 기점 홍수위를 HEC-RAS 모형에 입력하였으며, 이 모형에 의해 생성되는 빈도별 홍수위 자료는 ArcView GIS 모형에 의해 홍수범람지역의 범

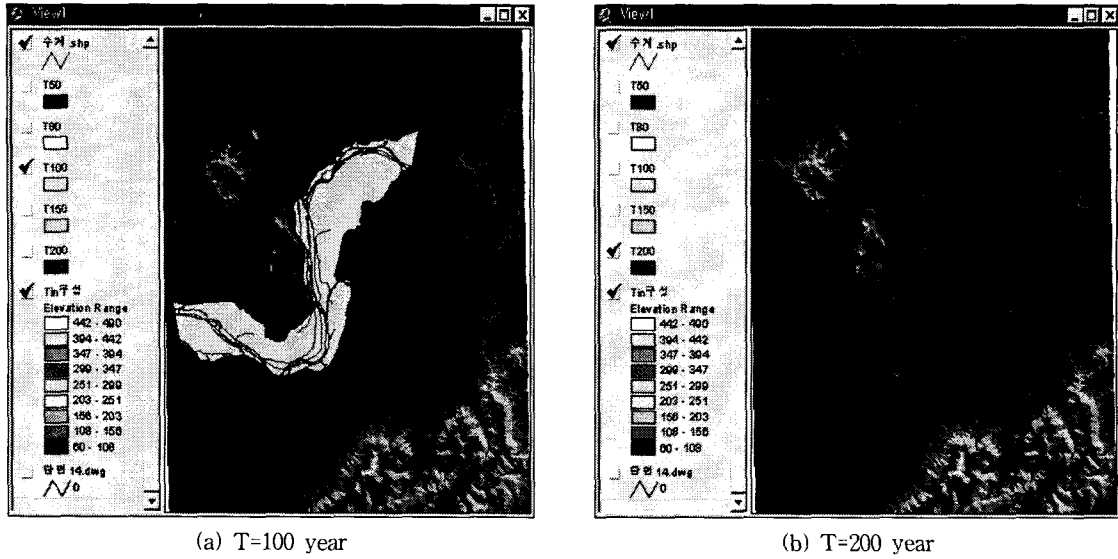


Fig. 9. Result of Three Dimension Flood Inundation Area Mapping.

위를 분석한 결과 Table 3 및 Fig. 9와 같다.

또한 기존의 1차원적 홍수검토에 비하여 Arc-View GIS 모형을 이용하여 빈도별 홍수량과 범람 범위 및 범람면적의 변화폭을 직접적으로 검토할 수 있었다. 즉, Table 4에서 나타낸 바와 같이 홍수량의 증가에 따라 침수면적도 상대적으로 증가하여 이들 수문량 간에 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있었으며, 이와 같은 분석과정을 거친다면 앞으로 홍수가 예상될 경우 범람범위를 사전에 예측함으로써 홍수재해로 인한 피해를 사전에 예방할 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 홍수범람지역 해석을 위한 시스템을 하도주변의 지형자료 구축 단계, 홍수량 해석 단계, 하도 홍수위 해석 단계 및 홍수범람해석과 Mapping 단계와 같이 4단계로 구축하였다. 하도의 홍수위 해석은 하천수리해석모형인 HEC-RAS 모형을 이용하였으며, 홍수범람해석 및 Mapping을 위하여 ArcView GIS모형을 이용하였다.

홍수규모별 침수지역을 Mapping한 결과 확률 홍수량 50년, 80년, 100년, 150년 및 200년 빈도에서 각각 14,424,036m², 15,024,864m², 15,404,599m², 15,898,300m² 및 16,319,752m²로 검토되었으며, 분석 결과로 볼 때 하천의 좌안측 범람범위가 우안측 보다 넓은 것으로 검토되었다.

또한, 본 연구 대상지역내의 홍수범람 특성은 하천의 홍수가 제방을 범람하여 침수된 지역도 있으나 홍수위 보다 지반고가 낮은 저지대에서의 내수

배제 불량으로 인한 침수가 더욱 큰 것으로 검토되었다. 수리학적 하도추적모형(HEC-RAS 모형 등)에 의하여 산정된 홍수위 자료만을 이용하여 홍수범람 범위를 설정해 오던 기존의 방법과는 달리 본 연구에서 제안된 과정을 이용하여 홍수터 해석을 실시한다면, 실제 홍수 범람지역을 가시적으로 확인할 수 있을 것이다. 또한 ArcView GIS에서 구축된 속성자료를 홍수범람 대책에 이용함으로써 향후 풍수해로 인한 국가 재해관리시스템 구축에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

- 1) Hormadka II, T. V. and J. J. DeVries, 1985, A Two Dimensional Dam Break Model of the Orange County Reservoir, International Symposium on Urban Hydrology, Hydraulic Infrastructures and Water Quality Control, University of Kentucky, 185-193pp.
- 2) Syme, W. J. and G. N. Paudyal, 1994, Bangladesh Flood Management Model, Proc. of Second International Conference on River Flood Hydraulics, Mar. 22-25, York, England, 167-176pp.
- 3) Estrela, T. and L. Quintas, 1994, Use of a GIS in the Modeling of Flows in Floodplains, Proc. of Second International Conference on River Flood Hydraulics, Mar. 22-25, York, England, 177-183pp.
- 4) Tate, E. C., F. Olivera and D. R. Maidment, 1999, Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcView

- GIS, CRWR Online Report 99-1, The University of Texas at Austin, 215pp.
<http://www.crwr.utexas.edu/online.html>.
- 5) Mason, D. and D. R. Maidment, 2000, An Analysis of a Methodology for Generating Watershed Parameters using GIS, CRWR Online Report 00-3, The University of Texas at Austin, 202pp.
<http://www.crwr.utexas.edu/online.html>.
 - 6) Andrysiak, Jr. P. B. and D. R. Maidment, 2000, Visual Floodplain Modeling with Geographical Information System(GIS), CRWR Online Report 00-4, The University of Texas at Austin, 274pp.
<http://www.crwr.utexas.edu/online.html>.
 - 7) 이종태, 한건연, 윤세의, 박재홍, 1995, 홍수범람도 작성을 위한 2차원 수치모형, 한국수자원학회 학술발표회논문집, 115-120pp.
 - 8) 이홍래, 이종원, 2001, GIS를 이용한 한강 침수예측시스템 구축, 한국지형공간정보학회 추계학술발표회 개요집, 233-236pp.
 - 9) 이홍래, 한건연, 김동구, 1999, GIS를 이용한 침수예측시스템과 Mapping, 대한토목학회 학술발표회논문집(Ⅲ), 365-368pp.
 - 10) 이홍래, 한건연, 김상호, 최현상, 1998, 하천 홍수범람해석을 위한 수치모형의 개발(Ⅰ) : GIS와의 연계해석, 한국수자원학회논문집, 31(4), 415-427.
 - 11) 신현석, 전성우, 2000, HEC-HMS, HEC-RAS와 ArcView를 이용한 홍수범람지역 설정에 관한 연구, 대한토목학회 학술발표회논문집(Ⅲ), 221-224pp.
 - 12) 국립방재연구소, 1999, 홍수피해원인분석 및 홍수재해지도 작성지침 개발, NIDP-99-14 연구보고서, 167pp.
 - 13) 건설교통부, 1997, 금호강하천정비기본계획(보완)보고서 4, 1-27pp.
 - 14) InterSys, 2001, RiverTools -Topographic and River Network Analysis- User's Manual, Research System, A Kodak Company, 201pp.