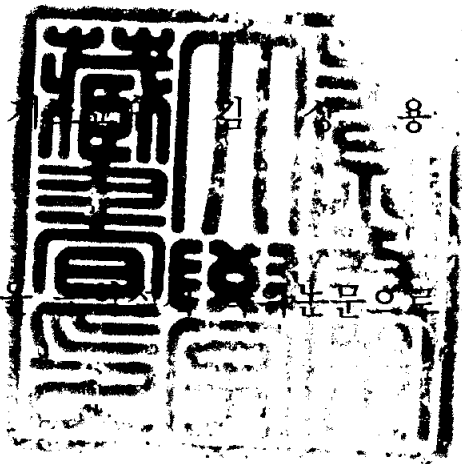
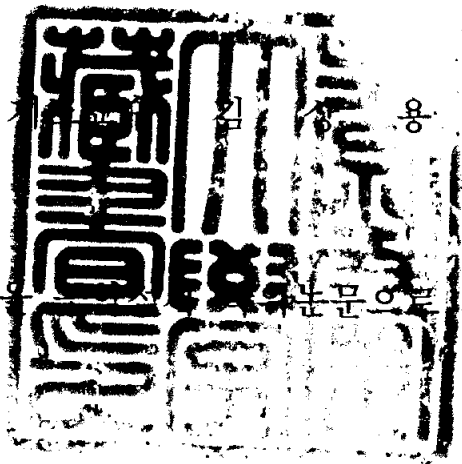


공학석사 학위논문

GIS를 이용한 상습침수지역의 관리시스템 구축



이 논문은  논문으로 제출함

2003년 2월

부경대학교 대학원

토목공학과

조용재

조용재의 공학석사 학위논문을 인준함

2002년 12월 26일

주 심 공학박사 이 중 출



위 원 공학박사 이 상 호



위 원 공학박사 김 상 용



목 차

그림목차	iii
표목차	iv
Abstract	v
1. 서론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
1.2 연구방법	2
2. 이론적 배경	3
2.1 침수지역의 분석	3
2.2 부산지방 상습침수지역의 현황과 발생빈도	4
2.3 부산지방 상습침수지역의 침수원인	7
2.4 유출모형	8
2.5 지형정보체계	15
3. 유역분석	22
3.1 연구대상유역	22
3.2 유출계수 산정	25
3.3 대상유역 DEM 생성	27
4. 설계홍수량 산정	29
4.1 확률강우량	29
4.2 확률강우강도	30
4.3 설계빈도 선정	32
5. 관리시스템 구축	33
5.1 상습침수지역의 관리시스템 구축	33

5.2 침수예상도 작성	· · · · ·	39
6. 결론	· · · · ·	44
참고문헌	· · · · ·	45

그림목차

그림 1 연구수행과정	2
그림 2 GIS 기본개념도	15
그림 3 대상유역(반여지구)	24
그림 4 대상유역(수영·망미지구)	24
그림 5 반여지구 DEM	28
그림 6 수영·망미지구 DEM	28
그림 7 시작화면	34
그림 8 주화면	34
그림 9 메뉴바	35
그림 10 아이콘도구모음	35
그림 11 보조화면(침수구역별-반여지구)	37
그림 12 보조화면(침수구역별-수영·망미지구)	37
그림 13 범례1(홍수량 산정)	38
그림 14 범례2(주제도작성)	38
그림 15 범례3(펌프장)	38
그림 16 시설정보조회	38
그림 17 홍수량 계산에 의한 침수예상도 작성	39
그림 18 설계빈도 10년에 대한 예상 침수범위	41
그림 19 설계빈도 20년에 대한 예상 침수범위	41
그림 20 설계빈도 30년에 대한 예상 침수범위	42
그림 21 설계빈도 50년에 대한 예상 침수범위	42
그림 22 설계빈도 100년에 대한 예상 침수범위	43

표목차

표 1 상습침수지 현황	5
표 2 상습침수지 지구별 현황	5
표 3 부산지방 침수 발생 빈도	6
표 4 국내 공공기관별 GIS 활용분야	18
표 5 합리식에 사용되는 유출계수	26
표 6 각 방법별 확률강우량	29
표 7 각 방법별 확률강우강도식	31
표 8 국내·외의 계획빈도와 그 적용현황	32
표 9 메뉴바의 기능	35

Construction of Inundation Area Management System by Using GIS

Yong-Jae, Cho

*Department of Civil Engineering, Graduate School
Pukyong National University*

Abstract

The purpose of this paper is to construct more efficient ways of Inundation Area management by applying GIS technology. The Inundation Area management system, built by this paper, contains characters. First, it shows present conditions of building and facility visually and thus all information can be understood easily. Second, all information can be promptly checked up through digital map at any time.

This main finding of this paper are follows. First, even if men in charge don't go see a site, since they can easily and exactly grasp the present condition of inundation area by pictures and material, it gives the efficiency of time and economy for managing inundation areas. Second, since the system once constructed can easily and simply upgrade the additional data resulting from the expansion of inundation area, it can prevent the duplication investment or the confusion of managers. Third, it can suggest a plan, which can be a guide for detention basin planning with adding the space analysis or external environment to facility management in inundation area, and thus it can serve for the qualitative improvement of inundation area management.

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근에 빈번히 발생하고 있는 집중호우로 인한 도시지역의 침수피해는 매년 증가되고 있는 실정으로 이러한 도시지역의 침수로 인한 피해는 1970년대 이후 무분별한 주거지역의 개발을 이유로 들 수 있다. 도시의 기반시설이 제대로 갖춰지지 않은 상황에서의 개발과 또한 부산의 대부분의 지역이 건축표고를 설정하지 않고 임의대로 건축을 시행한 것도 침수피해를 늘어나게 한 큰 원인으로 들 수 있다. 도시화로 인한 녹지의 상실과 불투수면의 증대는 강우 발생 시 유출량의 급격한 증가를 가져왔으며, 홍수도달시간의 단축을 야기하여 침수를 더욱 늘어나게 하였다.

특히 수영강 하류부는 만조 시 조위의 영향으로 저지대 내수배제의 기능을 상실하게 되어 홍수가 발생할 경우 주택 및 상업지역이 상습적으로 침수되어 피해를 일으키는 지역이 많아져, 이로 인하여 해마다 막대한 손실이 발생하고 있다. 홍수피해에 대한 대책이 주로 재난발생 후의 사고수습에 주안점을 두고 있어 효과적인 방재가 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 GIS(Geographic Information System)를 이용하여 침수지역의 분석 및 관리 기능을 수행하는 시스템을 구축하는데 그 목적이 있으며, 연구의 시스템은 VisualBasic을 기본으로 ESRI사의 MapObjects와 ArcView를 사용하여 침수지역의 범람도 작성과 정보조회, 그리고 계산된 홍수량에 의한 펌프장 및 유수지 관리를 수행하도록 하여 향후 집중호우가 발생할 경우 그 피해상황 및 범위를 예측하여 재해로 인한 인명 및 재산 손실을 최소화하는데 도움이 되고자 한다.

1.2 연구방법

본 연구의 수행방법은 그림 1에서 보는 바와 같이, 1/1000의 수치지도를 AutoCAD를 이용하여 조합·배열하고 연구에 사용될 layer들을 추출하였다. 이렇게 추출된 각 layer들은 ArcInfo를 통해 GIS에서 사용되는 Shp 파일 형태로 변환하게 된다.

또한 Shp 파일의 속성자료의 입력 및 수정은 MS Excel을 통하여 이루어졌으며, 본 연구의 대상유역에 대하여 홍수량을 산정하고 홍수량과 저지대의 면적 등을 고려하여 침수범위를 DEM으로 분석하였다. 이렇게 분석된 DEM을 Shp 파일로 변환시킨 후 VisualBasic와 MapObjects를 이용한 시스템에 추가시켜 그 결과를 도시화하였다.

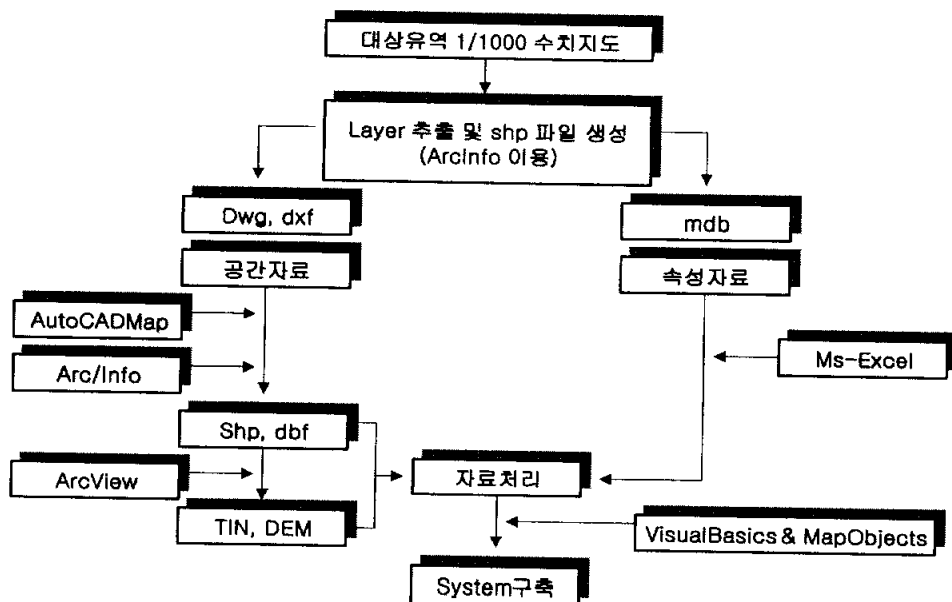


그림 1 연구수행 과정

2. 이론적 배경

2.1 침수지역의 분석

호우 및 태풍에 의한 홍수 발생 시 인적 및 경제적인 침수 피해는 크게 두 가지 형태로 분류되는데, 하나는 도시 근접하천의 외수로부터 제내지로의 범람 또는 제방의 결재에 의한 것이며, 다른 하나는 하천 외수위 상승으로 인한 배수구의 폐쇄, 그에 따르는 내수 지역의 배수 불량에 의한 내수 침수이다. 즉, 홍수 발생 시 침수의 형태는 범람침수와 내수침수의 복합적인 형태라 할 수 있다.

범람 홍수의 해석은 홍수파가 제방을 월류하거나 제방이 결재되었을 때, 홍수파가 제내 지역으로 파급되는 수리 및 지형 조건 해석을 통하여 분석을 할 수 있으며, 특히 도시 지역의 경우는 건물 및 도로 등 인위적인 구조물의 영향으로 인하여 자료의 수집 및 해석이 상당히 난해하다. 이때, 침수역의 정의는 침수위 및 침수도달시간의 해석이 필수적이고 이를 수행하기 위해서는 부정류 해석이 기본이 되어야 한다.

내수 침수 현상은 홍수에 의해 본류의 수위 즉 외수위가 상승하여 제내지의 우수가 자연 배수되지 못하고 저류되어 상습적으로 침수되는 현상으로 주로 도시화에 따른 홍수 지체 시간의 감소, 유출량의 증가, 기저 유출의 변화 및 침투능과 증발산량의 감소 등의 수문학적인 변화 및 제방의 축조, 불량 배수로(부분적인 폐쇄현상), 본류 하상의 상승, 하구의 막힘 등의 구조적인 원인에 의하여 발생한다. 이의 해석을 위해서는 우선 본류 하천의 홍수위를 산정한 후 각 배수구의 폐쇄 여부의 조사 및 내수역의 유출량 등을 조사하여 적절한 대책을 수립하여야 한다.

2.2 부산 지방 상습침수지역의 현황과 발생빈도

부산지방의 상습침수지 현황을 살펴보면 1990년 부산시가 각 구청을 통해서 조사한 내용은 표 1과 같다. 표 2는 1998년 부산시가 재해 위험지구로서 지정한 지역별 및 지구별 상습침수지 현황을 나타낸 것이다. 1990년도와 1998년도, 상습침수지 현황을 비교해 보면 부산지방의 직할하천인 낙동강 주변 지역임을 알 수 있다. 1990년 17개 지구 중 11개가 낙동강의 본류 및 지류에 근접한 곳으로 대부분 낙동강 홍수위보다 현 지반이 저지대로 형성되어 있다. 그리고 또한 1990년에서 1998년까지 침수대책수립이 마련되지 못하여 계속 침수지역으로 수해에 노출되어 있는 곳도 있다. 하지만 부산의 대표적 공업단지인 사상 및 신평·장림지구는 수 차례 개선책을 마련하여 현재는 일반적인 강우 시 침수에 대한 피해는 발생하지 않고 있는 상황이다.

표 1 상습침수지 현황(1990년)

번 호	지 역 명	침 수 현 황	
		가옥(동/세대)	농경지(ha)
1	남향동 지구	750/1,350	
2	명륜동 지구	3,500/14,000	
3	사상 공업지역	3,389/7,450	
4	구포, 덕천동 지구	1,389/2,730	
5	운촌 부락	50/150	
6	송당 지구	70/150	
7	해운대구청 뒤	150/700	
8	재송동 뒷골마을	112/213	
9	신평, 장림 지구	1,438/3,130	
10	사덕상리앞들지구	250/502	112.0
11	명지 지구	322/397	116.5
12	강동동9, 13통지구	15/15	60.0
13	강동동 순아 지구	117/137	253.0
14	송정 지구	30/35	30.0
15	녹산 지구	320/340	60.0
16	생곡 지구	65/65	100.0
17	미음 지구	125/129	270.0
계	17개 지구	12,092/31,503	1,010.5

※ 부산광역시 수해백서, 1991

표 2 상습침수지 지구별 현황(1998년)

번호	위험등급	지구내 인구, 시설		
		인 구 (명)	가 옥 (동)	농경지 (ha)
1	3	450	121	-
2	2	950	100	5.7
3	3	700	50	2.2
4	3	430	98	-
5	3	6,690	1,346	-
6	3	420	120	430
7	3	210	60	430
8	3	240	69	50
9	3	260	75	50
10	3	600	172	307
11	3	30	9	42

※ 부산광역시 지역방재계획, 1998

표 3은 지난 10년간 태풍 및 호우에 의한 침수의 발생빈도를 표시한 것으로 태풍에 의해서 매년 1~2차례 집중호우에 의해 작게는 매년 2~3차례 많게는 7~10차례까지 침수되어 많은 피해를 발생시켰다.

표 3 부산지방 침수 발생빈도(1986~1997년)

현상 년도	태 풍	호 우	비 고
1986	2	6	NANCY, VERA
1987	2	5	THELMA, DINAH
1988	2	6	ROY, DINAH
1989	2	10	JUDY, ROGER
1990	2	7	LEWIS, MARIAN
1991	3	5	CAITLIN, GLADYS, MIREILLE
1992	·	2	
1993	2	4	PERCY,ROBYN
1994	1	4	ELLIE
1995	2	4	FAYE, MARK
1996	·	3	
1997	2	5	WINNIE, DAVID

2.3 부산지방 상습침수지역의 침수원인

2.3.1 지형적 특성

부산 지방의 상습침수지역은 대부분 하천 및 해안과 접해 있는 지역으로서 침수지구의 현 지반이 홍수시 하천의 수위보다 저지대로서 자연배수가 불가능하며 강제배수 능력의 부족과 만조나 해일시 내수배제가 원활하지 못한 것이 상습침수의 주원인이 되고 있다. 조수간만의 조차 및 태풍시 이상 고조의 발생은 이 지역들에 대한 침수피해에 더욱 큰 영향을 주고 있다.

2.3.2 도시화에 따른 원인

주택가 상습침수의 원인으로서는 급속한 도시화 추세에 따라 계획적인 도시기본계획이 수립되어야 하고, 이에 따른 도시 기반시설이 병행되어야 하며, 또 저지대는 건축표고를 그 지역에 맞도록 설정하여 관리하여야 함에도 불구하고 부족한 택지수요를 충족하기 위한 무분별한 개발이 호우시 지표면의 유출량의 증가를 가져왔고, 이런 이유로 인해 기존 하수관거의 통수단면의 부족현상이 한 원인으로 작용하고 있다. 특히 저지대 노후 불량주택지의 가로 및 하수망이 제대로 정비되어 있지 않으므로 인하여 지표수의 원활한 배수가 이루어지지 못함으로 침수가 자주 발생한다.

2.3.3 노후 및 유지관리 소홀에 따른 원인

상습침수지역의 또 한가지 원인으로서는 기존의 우·오수 합류식 하수도 보급으로 인한 관거의 노후화와 하수도 시설에 대한 인식 부족 및 유지관리 소홀을 들 수 있다. 관거 내 토사 및 쓰레기의 무분별한 투기, 집수구 문제에 따른 표면수의 집수불량 및 관로 내 퇴적물의 적절한 준설을 하지 않음으로 인한 것이 침수의 원인이 되기도 한다.

2.4 유출모형

유출이란 지상으로 떨어진 강우의 일부분이 지표 또는 하천으로 흐르는 과정을 말하는 것이다. 강우가 유역에 발생하면 흙의 종류, 토지이용 상태, 지표의 피복상태 등에 따라 지표면으로 흐르는 유출량이 결정되며 이 유출량의 시간적 분포는 유역의 크기, 하천의 상태 등에 따라 결정되기 때문에 유출을 정확히 예측한다는 것은 상당히 어렵다. 이러한 복잡한 반응의 결과를 해석하기 위하여 많은 수문학자들은 수학적, 통계학적, 경험적 방법들을 사용하고 있다.

강우에 의한 유역 내 유출현상을 가장 잘 표현해 주는 도시유출모형의 선정은 필수 불가결한 요소이다. 도시하천 유역에서의 강우-유출관계를 규명하기 위한 방법으로는 합리식이나 단위도 등의 이론을 이용하는 방법과 그밖에 BRRL, ILLUDAS, STORM, SWMM 등의 강우-유출 모형을 이용하는 방법이 있다. 본 연구에서는 여러 도시 유출모형 중에서 그 대상 유역의 면적이 작은 경우 적용시킬 수 있는 합리식을 사용하였다.

2.4.1 합리식

합리식은 소유역의 강우-유출해석에 가장 널리 사용되는 방법으로 강우를 유출로 변환하는 선형변환기로 강우-유출 관계의 가장 간단하고 보편적인 선형 black-box 모형이다. 합리식의 기본이론은 시간과 공간적으로 균일하고 무한히 지속되는 강우에 대하여 유역의 모든 부분이 유역의 출구에서의 유출에 기여하는 시간인 도달시간에 이르기까지 증가하여 평형상태가 된다. 이 평형상태의 유출이 첨두유출이 된다.

합리식은 1889년 미국에서 Kuichling에 의하여 제안된 이래 소유역의 배수구조물과 도시우수관거의 설계유량 산정의 도구로 널리 사용되고 있다. 일반적으로 합리식은 첨두유량만을 제공하나 제한된 형태의 유출수문곡선의 유도도 가능하다. 첨두유량은 유출계수, 강우강도 및 유역면적의

곱이다. 강우강도는 지속기간과 빈도에 관한 정보를 포함한다. 강우지속기간은 유역의 유집특성인 도달시간과 관련된다. 유출계수는 수문학적 손실과 유출확산(runoff diffusion)을 그리고 빈도의 영향도 포함 가능하다.

첨두유출을 계산하는 합리식은 다음과 같다.

$$Q_P = 0.278 C_f \cdot CIA$$

여기서, Q_P : 첨두유량 (m^3/s)

C_f : 빈도조정계수

C : 유출계수

I : 도달시간 t_c 동안 지속되는 재현기간 T 년 강우강도 (mm/hr)

A : 유역면적 (km^2)

일반적으로 높은 재현기간의 강우는 많은 강우량을 수반하며 이러한 강우량에서는 침투와 그 외의 손실이 상대적으로 감소하게 되고 따라서 유출계수가 증가한다. C_f 는 이러한 유출계수의 증가를 보정하기 위한 계수이며 재현기간에 따라 1.0~1.25값을 가진다. 유출계수 C 는 유역의 크기 및 경사도, 유역의 피복상태 등에 따라 달리 적용하는 상수로써 유역이 넓고 경사가 적으며 침투성 비포장 지역이 많을수록 적은 값을, 유역이 적고 경사가 크며 비침투성 포장지역이 많을수록 큰 값을 적용하게 된다. 실무에서는 American Society of Civil Engineers 등(1992) 및 건설부에서 제시한 평균유출계수를 주로 적용하고 있다. 유역의 평균유출계수는 표준치를 면적가중평균함으로써 결정할 수 있다.

설계강우강도 $I(\text{mm/hr})$ 는 강우의 지속기간을 유역의 도달시간과 같다고 가정하여 유역에 따라 분석된 강우강도(I)-지속기간(D)-재현기간(F) 관계에 의하여 구한다. 이때 강우강도는 도달시간의 함수로 표시되고 도달시간은 유수지 유역면적이 작고 지표면 흐름이 지배적이라는 점을 감안하여

Kerby 공식을 사용하며 관내의 유속계산은 Manning 공식 혹은 Kutter 공식에 의해 계산한다.

본 연구에서는 합리식을 적용하였으며, 합리식의 적용과정에서 홍수량이 최대까지 증가하는 과정의 침수범위는 고려하지 않았다. 또한 내수배제와 하천의 외수위 그리고 펌프장의 가동으로 인한 홍수량 배제는 고려대상에서 제외하였다. 즉, 합리식으로부터 구한 최대홍수량이 침수에 기여한다는 가정하에 예상 침수범위의 표현과 시스템의 구축을 실현하였다.

또한 합리식은 소유역에서 유출현상을 모의하는데 적용되고 있으나 유출현상의 상세한 모의를 함에 있어서 부족함이 많다고 생각된다. 따라서 향후 이러한 유출현상을 상세히 기술할 수 있는 유출모형을 이용한 연구가 이루어져야 좀 더 정밀한 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

2.4.2 단위도법

1932년 미국의 Sherman은 유효강우량을 직접유출로 변환하는 도구로서 단위유량도의 개념을 개발하였다. 한 유역의 단위유량도(Unit Hydrograph), 간단히 단위도(Unitgraph)는 단위시간동안 일정한 강우강도로 전유역에 걸쳐 균일하게 발생한 1cm(또는 1mm)의 유효강우량에 의하여 유발되는 직접 유출 수문곡선으로 정의된다.

유출고는 유출체적을 유역면적으로 나누어 유출을 깊이로 나타낸 것이다. 이 경우 단위 시간은 도달시간보다 작은 임의의 시간으로 유효강우량의 지속시간이 된다.

강우의 유출로의 변형은 두 단계를 거쳐 수행된다. 우선 총 강우량에서 손실우량을 고려하여 유효우량을 산정하고 단위도를 이용하여 유효우량으로부터 지표면 유출량을 산정한다. 산정된 지표면 유출량에 기저 유출량이 더해지면 이는 곧 구하고자 하는 총 유출량이 된다.

2.4.3 BRRL 및 ILLUDAS 모형

BRRL모형은 도시 소유역에서의 직접 유출량이 하수관거에 직접 연결되어 있는 불투수지역(directly connected impervious area)에서만 발생한다는 것과 하수관거에 직접 연결되어 있는 불투수지역으로부터의 유출은 투수지역으로부터의 유출보다 속도가 빨라 침투홍수유출량의 크기에 결정적인 영향을 미친다는 기본가정에 근거하여 Watkins(1962)에 의해 만들어졌다. 이 모형을 적용 할 때에는 하수관거에 직접 연결되어 있는 불투수지역이 전체 유역면적의 15%이상을 차지하여야 하고, 설계호우(design storm)의 재현기간이 20년 미만이어야 하며 배수유역의 면적이 5mi^2 (약 13km^2) 미만이어야 한다는 제약조건을 가지고 있다.

유출량의 계산을 위해서는 먼저 대상유역을 유역분수계를 고려하여 소유역으로 구분한 후 다시 하수관거에 직접 연결되는 불투수지역(directly connected impervious area), 하수관거에 간접 연결되어 있는 불투수지역 및 투수지역으로 구분하여 각각의 면적을 결정하고 같은 유역에서의 배수체계를 조사하여야 한다. 그리고 하수관거에 직접 연결되어 있는 불투수지역에 대하여 서로 다른 도달시간 영역별로 소유역을 분할하여 도달시간-면적관계 곡선을 작성한다. 이 때 각 소유역에 대한 등유하시간선은 Izzard(1944)공식 등에 의하여 작성한다. 한편 강우지속기간-강우강도 관계곡선, 즉 우량주상도를 작성하고 최종적으로 두 관계곡선들을 합성시켜 유출량을 계산한다. 우량주상도의 작성법은 강우분포를 일반적으로 Huff형 분포, Mononobe형 분포, Chow형 분포, Pilgrim과 Cordery 분포 등으로 나누고 있으나 우리나라에서는 강우가 어떠한 분포로 내리는가에 대한 연구가 구체적으로 이루어지지 않은 상태이므로 가장 큰 홍수를 일으킬 수 있는 배치방법을 사용하여 주상도를 가정하는 경우가 많다. 각 소유역의 말단부에서 유출수문곡선의 합성은 아래의 식에 의하여 계산한다.

$$Q_j = C \cdot \sum_{i=1}^j A_{j+1-i} I_i$$

여기서, $t = 0$ 일 때 $Q_0 = 0$

$$t = t_1 \text{일 때 } Q_1 = C \cdot A_1 \cdot I_1$$

$$t = t_2 \text{일 때 } Q_2 = C \cdot \{A_1 I_1 + A_2 I_2\}$$

$$t = t_i \text{일 때 } Q_i = \sum_{j=1}^i A_{j+1-i} I_j$$

C 는 상수, I_i 는 설계우량주상도의 종거 (mm/hr), A_{j+1-i} 는 i 시간의 도달시간을 가지는 등유하시간면적 (km^2)이다.

유역 말단부에서의 유출수문곡선의 합성이 이루어지면 하수관거를 통하여 우수지까지 이르게 되는 과정에서 발생하는 저류효과를 고려하기 위하여 홍수추적을 한다. 관거를 통한 흐름은 연속방정식 및 Manning 공식을 사용하여 계산하며 다음 식에 의한다.

$$\frac{1}{2}(I_1 + I_2)\Delta t + S_1 - \frac{1}{2} O_1 \Delta t = S_2 + \frac{1}{2 O_2} \Delta t$$

$$\text{여기서, } O = \frac{1}{n_o} A_o R_o^{2/3} S_o^{1/2}$$

$S = A_o \cdot l$, I_t : 유입량, O_t : 유출량, S_f : 저류량

n_o : 조도계수, A_o : 흐름의 단면적

R_o : 동수반경, S_o : 관로의 경사, l : 관의 길이이다.

이 모형은 불투수지역의 면적이 투수지역의 면적에 비하여 큰 비중을 차지할수록 전체유역을 대표하기에 손색이 없지만 불투수지역의 면적이 적은 비중을 차지할 때에는 전체유역을 대표할 수 없어 시간별 유출량 및 유출용적 등의 계산 시에 정확한 결과를 얻지 못한다.

Terstriep 등(1974)은 BRRL 모형을 미국 내 도시배수시스템에 적용한 결과 하수관거에 직접 연결된 불투수지역 뿐만 아니라 투수지역으로부터의 유출도 경우에 따라서는 도시홍수유출에 크게 기여하는 것을 발견하였

다. 현재 많이 쓰이는 ILLUDAS 모형은 Terstriep 등에 의해 처음 개발되어 1984년, 1986년에 개정된 모형이다. 이 모형은 전체유역을 하수관거에 직접 연결된 포장지역, 투수지역에 간접연결된 포장지역, 투수지역 및 유출에 기여하지 않는 지역 등 4가지 지역으로 구분, 해석하는 것으로 하수관거를 설치하고자 하는 지점 또는 주요 간선관거의 합류지점을 기준으로 소유역을 구분하고 각 소유역별로 포장지역과 투수지역의 유출량을 BRRL 모형처럼 합성한 후 하수관거를 통한 홍수추적을 실시함으로써 유역말단 부에서의 유출수문곡선을 얻는다.

2.4.4 STORM(Storage, Treatment, Overflow and Runoff Model)

STORM은 미육군공병단 Hydrologic Engineering Center에 의하여 도시 유출의 수량과 수질을 해석하기 위하여 1975년 개발되었다. 이 프로그램은 다년간의 연속시간강우자료에 대한 강우-유출과정을 연속모의하고 개개 호우사상도 해석된다. 침투량은 가중유출계수나 SCS 방법에 의하여 산정되고 삼각형 무차원단위도가 사용된다. 하류의 저류나 처리과정도 모의될 수 있으나 수로추적은 포함되지 않는다. 이 모형은 도시나 농경지의 토지 침식의 계산도 가능하다. 이 모형은 도시우수관리모형이고 우수관거 설계를 위한 모형은 아니다. 또한 도시유출과 지표면침식의 조절을 위한 저류와 처리에 관한 시설을 선정함에 적합한 도구이고 SWMM의 간단한 형태라 할 수 있다.

2.4.5 SWMM(Storm Water Management Model)

SWMM은 도시유출과 합류관거계통에 관련된 유출의 양과 수질과정을 모의하여 유량, 수위 및 오염물 농도를 예측하기 위하여 미국환경청(US EPA)에 의하여 개발된 단일사상모형이다. 1971년 개발이후 수차 개정되었으며, 3회 이후 개정된 모형은 단일사상과 연속사상모의도 가능하여 도시 우수유출의 연속모의도 가능하다. SWMM은 여러 개의 부분프로그램인

Block으로 구성된다. 초기유출 계산은 판상류 운동과원리에 근거한다.

SWMM은 도시우수유출과 추적과정의 대부분의 모의가 가능한 포괄적이고 강력한 도구이다. 그러나 이 모형은 복잡하고 사용자에게 많은 요구사항이 따른다. 간단한 현상의 해석과 같이 한 지점에서의 조정지만의 검토에는 적합하지 않고 조정지를 포함한 완전한 우수계통의 해석에 알맞은 모형이다.

2.5 지형정보체계

2.5.1 개요

1980년대 중반부터 GIS의 개념과 그 적용성은 여러 연구분야에 새로운 가능성들을 제시하였다. 특히 1990년대 중반에 들어서면서 하드웨어의 성능향상과 GIS 소프트웨어의 기능향상이 이루어짐에 따라 공학적인 분야와의 연계가 새로운 연구대상이 되고 있다. 이 가운데서도 수공학 관련 수치해석모형과의 결합은 기존의 모형들이 가진 여러 가지 한계를 극복할 수 있다는 점에서 공학자들에게 주목을 받고 있다. 수공학 관련 수치해석모형들은 광범위한 지역의 지형자료들을 바탕으로 모의수행을 진행하므로 GIS와의 연계가능성이 높을 뿐만 아니라 최근 들어 각광받고 있는 원격측량, 위성영상 등의 자료이용도 가능해짐에 따라 이러한 자료들을 활용하여 수치모형의 정확성을 향상시키기 위한 많은 연구들이 진행되고 있다.

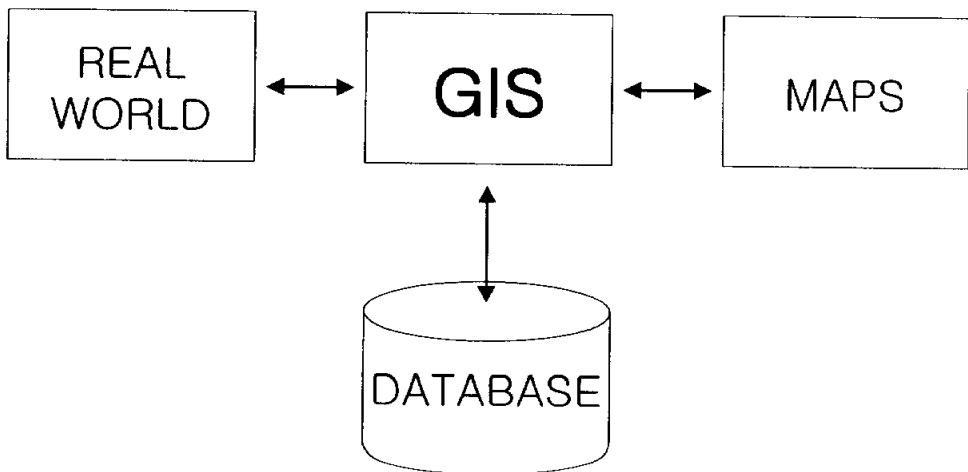


그림 2 GIS 기본개념도(Vijay P. Singh, M. Fiorentino, 1996)

이와 같은 추세에 발맞추어 정부에서도 1995년 5월 국가지리정보체계(NGIS) 구축에 관한 기본계획을 확정하여 기본지형도 수치지도화 사업, GIS 관련기술 개발, GIS 관련 전문인력의 육성, 자료 입력 및 교환 표준화 등 여러 분야에서 국가차원의 GIS 기본자료 구축을 위해 노력 중이다.

GIS가 가장 많이 쓰이는 수공학 분야 중의 하나가 수문모형으로서 그 역할은 다음의 네 가지가 주요한 내용이다.

- ① 수문모형에 쓰이는 입력 매개변수를 구하기 위해 공간자료를 중첩, 분석할 수 있다.
- ② 수문모형과 다른 공간적인 표현들을 연계할 수 있다.
- ③ 형식을 표준화하기 위해 투영법과 축척의 변환이 가능하다.
- ④ 수문학적 모의결과를 검증하는데 사용될 수 있다.

GIS를 수문학적 분석에 통합하기 위한 방법으로는 다음과 같은 네 가지 유형으로 분류된다.

- ① 이미 존재하는 수문모형의 입력 매개변수의 계산
- ② 수문학적 변수의 도식화와 지도제작
- ③ 유역지표의 표현
- ④ 수문학적 응답의 단위 검증

이와 같이 수문모형을 위한 물리적인 자료를 분석, 도시화할 수 있는 GIS와 수문모형 간의 유기적인 연계를 통해 수문모형의 정확도를 높일 수 있으며, 그 결과를 시각적으로 향상시킬 수 있다.

GIS와 관련되는 공간자료는 실제적인 지표형상을 나타내어야 하는 특성으로 인하여 그 규모가 매우 방대하며, 따라서 대부분의 GIS 소프트웨어들은 많은 자료의 효율적인 관리에 필요한 처리 및 조작기능을 가지고 있다. 특히, 시스템 본체의 구동시스템과는 별도로 사용자 전용의 매크로 언어(Macro language)를 제공한다. 이는 공통적으로 수행되는 명령절차를 규격화하는 도구로서 자주 사용되는 명령어를 선택하기 위한 Pull-down 메뉴나 Pop-up 메뉴 생성에 관한 옵션을 가지고 있어 사용자에게 편의를

제공하고 있다. 이러한 GIS의 특성들은 토지, 자원, 도시, 환경, 교통, 농업, 해양 및 군사에 이르기까지 광범위한 분야에 걸쳐 활용되고 있으며, 환경 및 재해정보체계(EIS/DIS), 토지정보시스템(LIS), 도시정보시스템(UIS), 도면자동화(AM), 시설물관리(FM) 등에 이용되고 있다. 최근에는 GIS가 가지고 있는 데이터베이스 관리측면을 극대화시켜 또 다른 정보시스템인 MIS(Management Information System)와의 통합 내지는 MIS 기능을 수행하는 GIS 구축에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

표 4 국내 공공기관별 GIS 활용분야 (한국수자원공사, 1993)

분야	활용분야	담당 공공기관
지도 작성	수치지도의 작성	건설교통부 국립지리원
	수치지적도의 작성	행정자치부 지적과
	군사지도의 전산화	국방부 지도창
시설물 관리	고속도로 시설관리	한국도로공사
	국도 시설관리	건설교통부 도로국
	시도 지방도 시설관리	서울, 대구, 인천, 대전, 경기도 등
	철도 시설관리	건설교통부 철도청
	상수도 시설관리	한국수자원공사
	하수도 시설관리	광주시
	전기 시설관리	한국전력
	통신 시설관리	한국통신
정보 관리	토지정보 시스템	국토개발연구원
	골재 수급 관리시스템	한국건설기술 연구원
	농지 정보 관리시스템	농어촌 기반공사
	수자원 환경 관리시스템	한국건설기술 연구원
	환경정보시스템	환경부
	방재정보 관리시스템	행정자치부
	도시정보 시스템	국토개발연구원

2.5.2 GIS의 기본자료

(1) 지형자료(Topographic Data)

수공학 분야에 대한 GIS 적용에 있어서 가장 중요한 GIS의 수행능력 중의 하나는 대상지역의 지형을 표현하는 것이다. 컴퓨터를 이용한 지형표현에 있어 사용되는 대표적인 기법으로는 수치고도모형(DEM, Digital Elevation Model)이 있다. 그러나, 고도자료만을 가지고 모든 공간정보를 기술할 수는 없으며, 경우에 따라서는 위상자료와의 결합이 필요로 한다. 위상자료란 다양한 영역 구획들이 어떻게 연결되어 있는가를 정의하는 것이므로 지형자료들 간의 상호관계를 뜻한다. 수문학적 위상관계의 예로는 하천 수로망을 나타내는 선의 집합이 있고, 또 다른 예로는 소유역을 나타내는 다각형들의 집합을 들 수 있다. GIS에서 다루는 정보에는 지형만을 이용한 것도 있으나, 지형학적 자료와 연결된 위상자료를 이용하기도 한다.

(2) 위상자료(Topologic Data)

GIS를 활용함에 있어 고도자료만을 이용하여 지형을 표현할 수도 있지만, 지면 표고와 관련되어 있지 않은 중요한 수문학적 속성도 존재한다. 이것들 중 대표적인 것으로는 유역면적, 유로연장, 지면경사, 지표면 조도, 토양조건 및 식생 피복상태 등이 있다. 이들 속성은 어떤 영역의 물을 저장하고 이동시킬 수 있는 능력을 기술하는데 도움을 주게된다.

Djokic과 Maidment(1991)는 도시배수에 관한 전문가시스템과 연계하여 GIS를 적용하였는데, 이 연구의 핵심적인 내용은 지형에 관한 인공적인 변화의 영향을 다룬 것이었다. 도시배수망을 나타내는 지형자료는 물의 이동방향을 표현하고, 수문학적 속성은 전달유형을 표현한다.

일부 위상학적 속성은 유역단위의 개념을 표현하게 된다. 이들 가운데 가장 기본이 되는 것은 유역의 경계를 기술하는 것으로 한 배수지점이 주어졌을 때 지형자료만을 활용하여 그 지점으로 배수되는 유역면적을 정의할 수 있다. 또한, 유역분석 작업에 의해 도출된 수로망은 평균경사나 유

하방향 등의 속성을 가지게 된다. 이러한 속성들은 도달시간이나 흐름이 가지는 잠재적인 에너지 및 흐름의 감쇠 등과 같은 유역의 속성을 결정하는 데 도움을 준다. 이와 같은 속성들을 추출하는데 GIS의 분류 및 합성 기능은 매우 적합하다.

2.5.3 GIS의 자료처리기법

최근 DEM 자료를 수문학에 이용함에 있어 공간적 해상도가 미치는 영향에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. DEM 자료가 지형의 표현과 수문학적 과정의 모의에서 편리성을 제공하지만 분산적인 자료의 특성 때문에 약간의 제약을 가지고 있다(Moore 등, 1993 ; Holmgren, 1994). 서로 다른 격자 크기의 DEM 자료는 유역면적이나 유출생성 등의 수문학적 모의에서 상이한 결과를 초래할 수 있으므로(Bruneau 등, 1995) 격자의 크기는 수문모형의 수행에 있어서 중요한 요소가 된다. DEM 자료는 지형고도의 공간적 분포를 표현할 수 있으며 유역의 수문학적 과정을 모의하는데 사용되고 있다. 경사, 방위, 유역면적, 유로연장 등과 같은 많은 수문모형의 매개변수들이 DEM 자료로부터 추출될 수 있다(Vieux, 1995). 지형의 공간적 분산도는 수문모형의 모의에 많은 영향을 미치며, 수문모형에 고도자료를 적용할 때는 지표면 표현을 위해 어떠한 방법이 사용되는지 고려하는 것이 중요하다. 지표면을 나타내기 위해 DEM을 구성하는 방법에는 대표적으로 다음 세 가지 자료를 활용할 수 있다.

- ① 격자기반자료
- ② 불규칙삼각망자료
- ③ 등고기반자료

우선, 격자기반자료는 수문모델링에서 GIS의 초기적용은 정보에 대해서 래스터형으로 저장되어 사용한 것이었다(Pentland와 Cuthbert, 1971). 격자는 규칙적인 간격의 선으로 구성되어 있고, 각 직사각형내의 면적은 그것의 중심부 좌표에 의해서 기술된다. 지형에 대한 래스터 이용은 대규모의

DEM 데이터 베이스를 이용하는 경우 매우 합리적이라 할 수 있다. 널리 쓰이는 래스터형 GIS로서는 미국육군공병단의 GRASS(Geographic Resources Analysis Support System)가 있다.

DEM을 형성하는 또 다른 기법은 불규칙적으로 분포된 점을 여러 개의 선으로 연결하여 중요한 산봉우리와 계곡 등을 결정할 수 있는 불규칙삼각망을 이용하는 것이다. 이와 같이 형성된 불규칙삼각망을 TIN(Triangular Irregular Networks)이라고 한다. 전형적으로 대부분의 삼각형이 2차원 평면으로 처리되지만 부드러운 선형보간이 가능하다.

지형을 나타내는 세 번째 형태는 등고선이다. 등고선은 동일표고를 가진 일련의 point-to-point 경로에 의해서 수치적으로 표현될 수 있다. 전체지도가 이와 같은 수치형태로 저장될 때, 이것을 DLG(Digital Line Graph)라 불리운다. 상업적으로 이용가능한 대부분의 GIS 소프트웨어들은 DLG, 격자기반 DEM 및 TIN 간에 서로 변환할 수 있는 기능을 가지고 있으나, 등고기반의 기법이 보다 많은 자료용량의 크기를 가지므로 DLG로부터 주로 다른 형태로의 변환이 이루어진다. 이 기법의 가장 큰 장점 중의 하나는 중요한 수문속성이 그 결과로 나타나는 자료구조에 그대로 포함되어 있다는 것이다.

3. 유역 분석

3.1 연구대상 유역

본 연구의 대상유역은 양산시 원효산(元曉山:922m) 남쪽 계곡에서 발원하여 남쪽으로 흘러 법기(法基)·회동(回東)의 두 저수지를 이룬 후, 부산광역시 해운대구와 연제구·수영구의 경계를 남류하여 수영만으로 흘러드는 수영강 수계 내에 위치하고 있는 반여지구와 수영·망미지구를 연구대상 유역으로 선정하였다.

수영강은 부산 제1의 지방하천으로 유역면적은 199.57km², 유로연장은 30km에 달하는 부산 제1의 지방2급 하천이다. 대상유역은 상류와 하류로 크게 구분할 수 있으며, 상류유역에는 1946년 축조된 상수도 전용댐인 회동댐이 있다. 하류유역은 도시하천으로 바다를 접하고 있는 감조하천으로서 본 연구의 대상이 되는 침수지역이 분포하고 있다.

반여지구는 전체 배수유역면적은 4.167km²으로서 이중 산지면적이 1.488km²이며 주거지역 및 공장지역의 면적은 2.679km²으로 거의 대부분이 개발지역으로 공장 및 주거밀집지역이다. 지형적인 특성으로는 수영강을 경계로 하여 동측 장산을 기점으로 급경사를 이루고 있으며, 북측 반여동 지역과 남측 재송동 일부지역에 완만한 경사를 이루고 있는 주거지역을 형성하고 있다.

하류부 주거지역의 평균표고는 2.5~8.0m로 형성되어 있고 침수지역인 반여동의 표고는 4.0~5.0m로 형성되어 있어 홍수 시 방류지점인 수영강의 100년 빈도 홍수위보다 낮게 형성되어 있다.

수영·망미지구는 전체 배수유역면적은 5.178km²으로서 이중 주거 및 상업지역이 75.5%를 점유하고 있으며, 녹지가 24.5%로써 본 유역의 대부분은 시가화 지역이다. 배수구역계는 수영강의 우안에 위치하며, 북쪽은 배산, 서쪽은 금련산, 남쪽은 동방오거리, 동쪽은 수영강을 경계로 한다.

유역내 표고분석 결과 등고선 EL.(+)5.0m 이하가 4.2%, EL.(+)10.0m 이하가 29.3%를 차지하고 있으며, 수영강의 100년 빈도 홍수위가 EL.(+)0.90~1.58m 범위인 점을 감안하면 본 유역의 일부지역은 지반고가 낮은 상태를 나타낸다.

다음의 그림2와 그림3은 연구대상유역을 ArcView를 이용하여 나타낸 것으로서, TIN으로 표고분석을 먼저 실시한 후, 그 위에 도로, 건물 및 하천의 Layer를 중첩시킨 것이다.

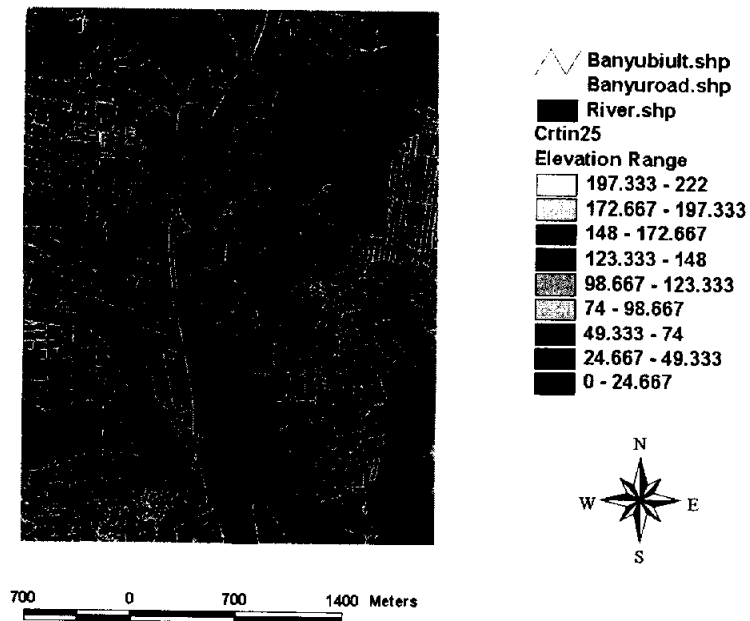


그림 3 대상유역(반여지구)

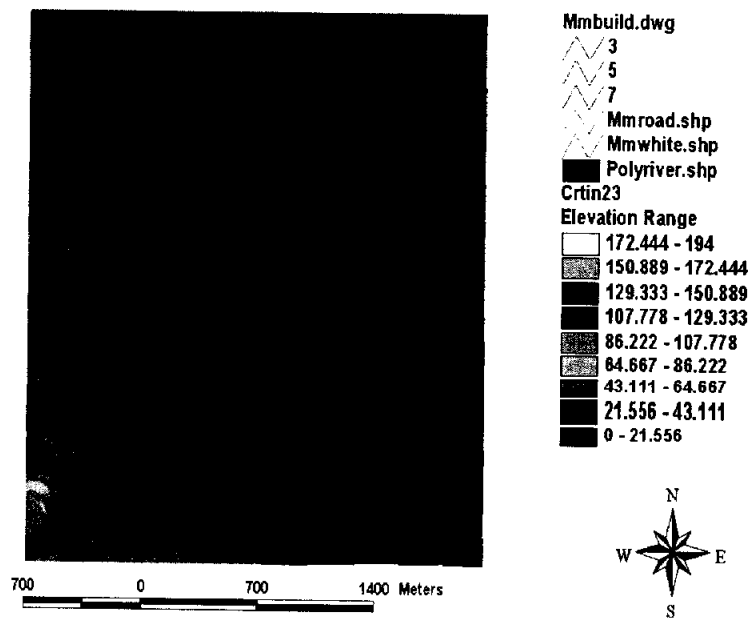


그림 4 대상유역(수영·망미지구)

3.2 유출계수 산정

본 연구에서의 홍수량 계산은 앞서 밝힌 바와 같이 합리식을 사용하였으며, 합리식에 필요한 변수로서 C의 값을 적용하는데 GIS를 이용하였다. 합리식에서 C값의 결정은 홍수량의 결정에 커다란 영향을 미치므로 매우 중요하다 할 수 있다. 이러한 C값의 적용을 간편하게 하기 위하여 대상유역의 수치지도를 이용하여 토지이용에 따른 C값을 분류하고 각각의 면적과 C값을 속성자료에 입력한 후 하나의 Layer를 만들어서 시스템의 메인 화면에 중첩시켜 홍수량을 계산하는데 적용하였다. 이렇게 작성된 Layer를 이용하면 강우강도의 변화만으로 간단하게 홍수량을 계산할 수 있게끔 한다.

표 5는 합리식에 사용되는 유출계수를 나타낸 것으로써 이를 참조로 하여 C값 분류를 행하였다. 그러나 이렇게 세분화되어 있는 C를 적용하기에 무리가 따르는 까닭에 몇몇 토지이용에 대한 C값을 추출하여 다음과 같이 적용하였다. 즉, 산지는 0.20~0.40, 시가지 및 주택지역은 0.80, 농경지는 0.20의 값을 적용하였다.

표 5 합리식에 사용되는 유출계수(윤용남, 1993)

토지이용		C	토지이용			C	
상업 지역	도심지역 근린지역	0.70~0.95	차도 및 보도			0.75~0.85	
		0.50~0.70	지붕			0.75~0.95	
주거 지역	단독주택 독립주택 연립주택단지 교외지역 아파트	0.30~0.50 0.40~0.60 0.60~0.75 0.25~0.40 0.50~0.70	잔 디	사 질 토	평 탄 지(2%)	0.05~0.10	
					보통경사지(2~7%)	0.10~0.15	
					급 경 사 지(7%)	0.15~0.20	
			중 토	평 탄 지(2%)	0.13~0.17		
				보통경사지(2~7%)	0.18~0.22		
				급 경 사 지(7%)	0.25~0.35		
공업 지역	산재지역 밀집지역	0.50~0.80 0.60~0.90	농 경 지	나지	평탄한 곳	0.30~0.60	
					거친 곳	0.20~0.50	
공원묘역		0.10~0.25		경작지	사질토	작물 유 작물 무	0.30~0.60
운동장		0.20~0.35					0.20~0.50
철도지역		0.20~0.40			중 토	작물 유 작물 무	0.20~0.40
미개발지역		0.10~0.30					0.10~0.25
도로	아스팔트 콘크리트 벽돌	0.70~0.95		초지	사질토	0.15~0.45	
		0.80~0.95			중 토	0.05~0.25	
		0.70~0.85		산림지역			0.05~0.25

3.3 대상유역 DEM 생성

수공학 분야에서 대상지역의 지형을 표현하는 것은 GIS의 적용의 가장 중요한 수행능력 중의 하나이다. DEM(Digital Elevation Model)은 컴퓨터를 이용하여 지형을 표현하는데 대표적인 기법이라 할 수 있다. 그러나 지형자료는 많은 인자들이 존재하므로 고도자료만을 가지고 모든 공간정보를 기술할 수가 없으므로 경우에 따라서는 위성자료와의 결합을 필요로 한다. 수문학에서 위상관계는 하천 수로망을 나타내는 선들의 집합과 유역을 나타내는 다각형들의 집합 등으로 구분할 수 있다. GIS에서는 선과 면적 등의 지형자료만을 이용한 것도 있으나, 지형학적 자료와 연결된 위성자료를 이용하여 GIS의 적용범위를 확대할 수 있는 장점을 가지기도 한다.

최근 DEM 자료를 수문학에 이용함에 있어 지형의 표현과 수문학적 과정의 모의에서 편리성을 제공하고 있다. 그러나 DEM 자료에서는 서로 다른 격자 크기가 유역면적이나 유출생성 등의 수문학적 모의에서 상이한 결과를 초래할 수 있으므로(Bruneau 등, 1995) 격자의 크기는 수문모형의 수행에 있어서 중요한 요소가 된다. 지형고도의 공간적 분포를 표현할 수 있는 DEM 자료는 유역의 수문학적 과정을 모의하는데 사용되고 있고, 많은 수문모형의 매개변수들을 추출할 수 있다. 그리고 지형의 공간적 분산도는 수문모형의 모의에 많은 영향을 미치며, 수문모형에 고도자료를 적용할 때는 지표면을 표현하기 위해 격자기반자료, 불규칙삼각망자료, 등고기반자료 등의 세가지 방법 중 어떤 방법이 사용되는지 고려하는 것이 중요하다.

본 연구는 대상유역인 수영강 유역 중에서 망미동일대와 반여동일대를 중점으로 하여 적용하였으며, 이들 2곳의 DEM 자료 생성화면을 그림 4, 5와 같다.

대상유역의 DEM에서 분석된 자료를 Elevation에 따라 세분한 후, 계산

된 홍수량에 의해 침수심을 계산하도록 하였다. 즉, DEM자료에서 0.5m, 1m, 2m 등으로 고도에 따른 세부유역을 선정하여 면적을 계산한 후에 각 홍수량에 따른 침수범위를 표현하도록 하였다.

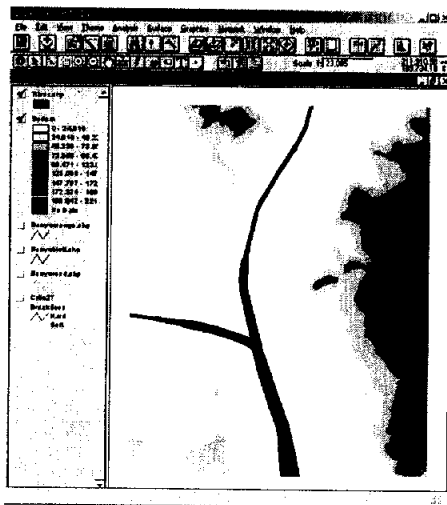


그림 5 반여지구 DEM

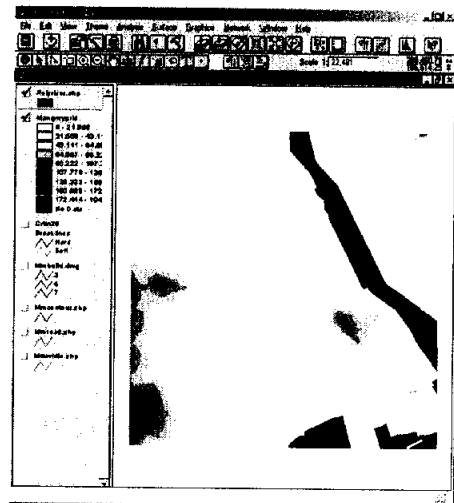


그림 6 수영·망미지구 DEM

4. 설계홍수량 산정

4.1 확률강우량

확률강우량 분석은 대상유역 내 설치되어 있는 우량관측소의 강우자료로부터 확률개념에 의한 통계적인 방법으로 산정하여야 하나 본 연구의 대상 하천 유역 내에는 우량관측소가 설치되어 있지 않으므로 유역 인접 지역에 설치되어 있는 부산관측소의 강우자료를 이용하여 확률개념에 의한 통계적인 방법으로 분석한 자료를 이용하였으며, 분석방법은 NORMAL, LOG-NORMAL II, LOG-NORMAL III, IWAI, GUMBEL, GUMBEL-CHOW, PEARSON TYPE III 및 LOG-PEARSON TYPE III 의 8가지 방법이 있으며, 일최대 확률강우량은 다음 표 6과 같다.

표 6 각 방법별 확률강우량 (단위 : mm/day)

재현기간 (년)	NORM	LN2P	LN3P	IWAI	GA3P	LP3P	GEV1	GECH
10	220.8	221.3	222.2	220.7	222.9	222.3	228.2	222.1
20	242.7	256.2	258.4	254.5	260.9	259.3	264.3	256.1
30	254.1	276.4	279.6	274.0	283.0	281.2	285.1	275.6
50	267.4	302.0	306.5	298.5	310.6	309.1	311.1	300.0
100	283.9	337.0	343.6	331.9	348.1	348.0	346.1	332.9
150	292.9	357.7	365.7	351.6	370.0	371.4	366.6	352.1
200	299.0	372.6	381.5	365.6	385.6	388.3	381.0	365.7

4.2 확률강우강도

강우강도식이란 어느 지점 또는 어느 지역에 있어서의 강우강도와 시간과의 관계식을 의미한다. 강우강도식의 형식에는 여러 가지가 있으나 종래 이용되어 왔던 형식으로는 다음의 세 가지가 있다.

$$(1) I = \frac{b}{t+a} \quad (\text{Talbot 형})$$

$$(2) I = \frac{c}{t^n} \quad (\text{Sherman 형})$$

$$(3) I = \frac{e}{\sqrt{t \pm d}} \quad (\text{Japanese 형})$$

여기서, I 는 강우강도 (mm/hr), t 는 강우지속시간(분), a, b, c, d, e 및 n 은 계수로서 각 지점 또는 각 지역에서의 강우특성 계수이다.

위의 (1) 및 (2)형식은 미국내의 강우량 자료들을 Talbot 및 Sherman에 의하여 해석 정리된 것이며, (3)형식은 일본 내 지점우량 자료들을 해석하여 구야(久野)가 발표 제시한 것이다. 이와 같은 강우강도식을 작성하고자 할 경우에는 각 지점별로 강우지속시간별 매년 최대치 (종전에는 매년 최상위 또는 제2위 값) 자료를 수집하여 최소자승법에 의하여 각 형식의 계수를 결정하여 작성한다.

확률강우강도식이란 강우강도의 강우지속시간과 확률년(또는 재현기간)에 관한 상관식이라고 말할 수 있다. 확률강우강도 I (mm/hr 또는 in/hr)는 강우지속시간에 반비례하고, 확률년의 크기에 비례함을 알 수 있다. 즉, 확률강우강도 I 는 강우지속시간의 증가에 따라 감소하고, 확률년이 커질수록 증대된다. 여기서, t 는 강우지속시간으로 그 단위는 분(minute)이며, T 는 확률년을 나타내고 그 단위는 년(year)이다.

위에서 기술한 강우강도식이나 확률강우강도식은 그다지 크지 않은 집수구역에서의 배수계획을 수립함에 있어서 계획강우량을 설정하는 데에 필요한 경험식이라고 생각한다. 도시지역에서의 우수배제시설이나 주택단

지, 공업단지, 소규모 도시하천의 개수계획 및 골프장 내의 우수 유출량 산정 등에는 확률강우강도식이 널리 이용되며, 각종 사업의 소요 계획규모에 적합한 설계강우량을 산정하게 된다.

표 7은 각 방법별 확률강우강도식 계수를 나타내었으며, 이 중에서 평균 편차가 최소인 Japanese Type을 선정하였다.

표 7 각 방법별 확률강우강도식 계수

재현기간 (년)	Talbot Type		Japanese Type		Sherman Type	
	a	b	a	b	a	b
5	6,169.218	42.207	492.287	1.048	303.601	0.416
10	7,313.357	43.609	581.066	1.126	346.996	0.410
20	8,351.795	44.348	661.156	1.155	388.803	0.408
30	8,925.571	44.568	705.207	1.156	412.980	0.407
50	9,618.248	44.664	758.236	1.145	443.323	0.406
100	10,515.030	44.532	826.628	1.111	484.728	0.406

4.3 설계빈도 선정

4.3.1 설계빈도

유수지 및 우수배제펌프장의 시설규모결정을 위한 계획대상빈도는 10년, 20년, 30년 등의 강우에 의한 각 시설규모에 대하여 편익과 비용의 상관관계로 검토하여 년초과편익(편익-비용)이 최대가 되는 계획빈도를 선택하는 것이 바람직하다. 그러나, 부산의 경우 거의 매년 태풍에 의한 집중호우 현상이 발생하였고, 인구 및 각종 시설물의 집중에 의거 유역의 급속한 도시화로 도시우수유출량의 증가를 유발시켜 저지대의 부담이 가중되었으며, 유수지 및 우수배제 펌프장의 운영상 문제점을 고려할 때 단순히 비용, 편익계산에 의한 시설결정보다는 우선적으로 민생의 안전에 주안점을 둔 방재적인 측면에서 검토되어야 할 것이다.

4.3.2 국내외 기준 및 적용현황

표 8 국내·외의 계획빈도와 그 적용현황

국명	구 분	계 획 빈 도	적 용 현 황
국내	- 하천공사 표준시방서 - 하천시설기준 - 하수도시설기준	10~20년(주로 농경지 기준) 비용-편익계산에 의하여 결정 10년	부산시 : 30년 마산시 : 20년 울산시 : 30년 대구시 : 기왕최대 서울시 : 30년
일본	- 하천시설기준 - 하수도시설기준	3~12년 10년	동경 : 5년 오오사카 : 12년 요코하마 : 10년
미국	• MOP 9	2~10년	

※MOP 9 : Manual Of Practice 9 (미국 토목학회(ASCE) 및 수질보존협회(Water Pollution Control Federation)에서 공동 발행한 지침서 중 하나.

5. 관리시스템 구축

5.1 상습침수지역 관리 시스템 구축

본 시스템의 개발은 수치지도(1:25,000 및 1:1,000)를 기초로 홍수관련 정보를 표시하여 Visual Basics 6.0과 GIS Tool인 MapObjects를 이용하여 홍수관리시스템을 구축하였다.

5.1.1 메인화면의 구성

그림 7에서 지도를 보여주는 화면은 두 개의 창으로 구성되었고, 주화면은 Arc/Info와 Excel를 통하여 공간자료와 속성자료를 입력하였으며 침수지역과 그 지역의 펌프시설 위치, 용량, 대수 등 상세 정보를 볼 수 있도록 하였다. 그리고 지도의 정보를 표시하는 전체적인 위치를 나타내는 색인지도창으로 나눌 수 있다. 홍수관리시스템은 크게 분석과 관리의 기능을 들 수 있으며, 침수정보의 검색 및 분석을 통하여 강우량에 따라 침수피해 대상구역을 확인할 수 있도록 시스템을 구축하였다. 강우량의 변화에 따라 홍수침수범위를 검색하여 홍수 시 주위의 대피상황을 미리 예측할 수 있고 이러한 정보를 통하여 피해에 대한 대책을 마련할 수 있어서 홍수 피해를 최대한으로 줄일 수 있다고 본다. 이는 수해로 인한 인명과 재산피해를 줄이는데 큰 도움이 될 것이다.

또한 메뉴바는 시스템의 주 기능들을 모아 놓은 곳으로, 홍수관리시스템의 주 기능에 대한 리스트를 제공하며 그 구성은 그림 8에서 보는 바와 같이 파일, 강수량, 침수정보, 하천현황 등으로 되어 있으며 세부 기능은 표 9과 같다. 그리고 메뉴바의 기능을 간편화한 아이콘도구모음은 그림 9에 나타난 것과 같다.

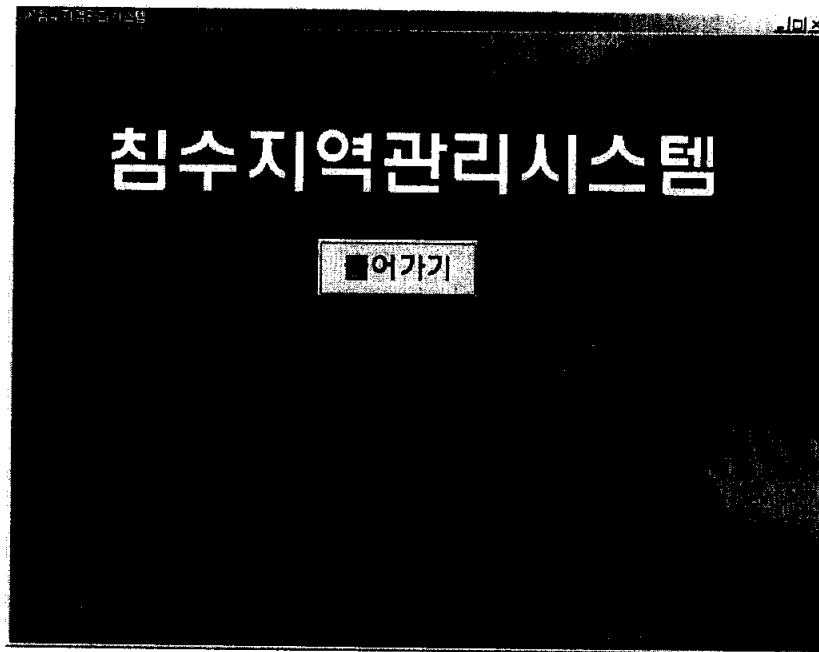


그림 7 시작화면

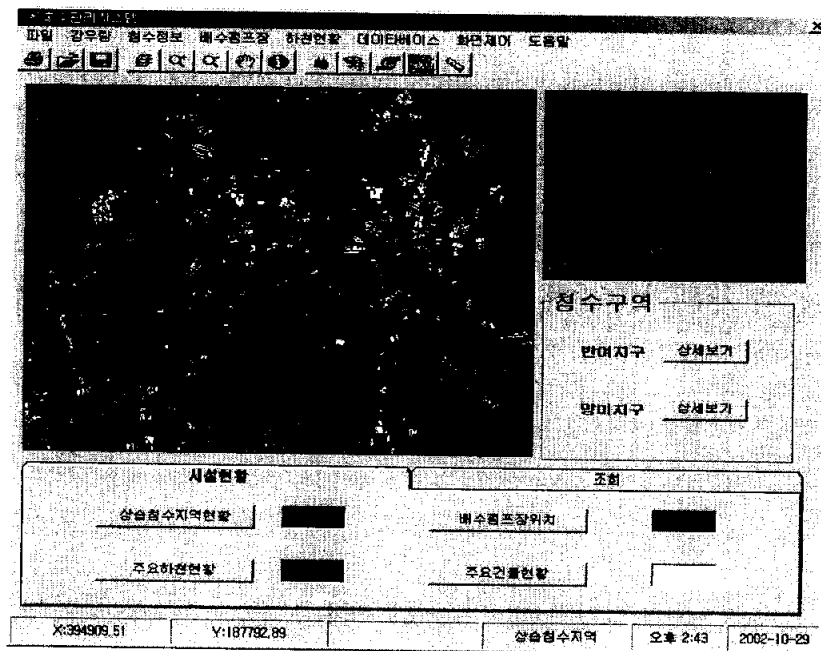


그림 8 주화면

표 9 메뉴바의 기능

메뉴	기능
파 일	시스템의 열기 및 종료와 관련된 기능
강 수 량	각 강우량에 따른 홍수량 산정
침수정보	각 구에 속해 있는 침수지역정보 조회
배수펌프장	배수펌프장의 위치 및 세부사항 조회
하천현황	각 하천별 침수지역정보 조회
화면제어	화면의 확대, 축소 및 이동
도 움 말	버전정보 표시

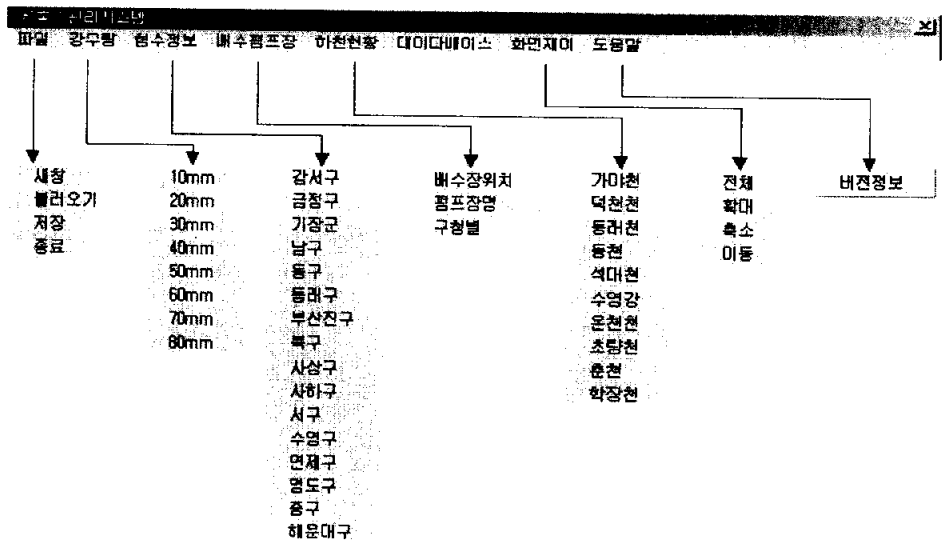


그림 9 메뉴바



그림 10 아이콘도구모음

5.1.2 보조화면의 구성

그림 11과 12의 화면은 메인화면에서 침수지역을 선택하면 실행되는 화면으로 축척이 큰 지도(1:1,000)를 나타내고 있으며, 홍수량의 계산과 홍수로 인한 침수지역의 분석 그리고 기 설치되어 있는 펌프장과 같은 시설물을 관리할 수 있도록 기능이 설정되어 있다. 그 기능은 앞에서 언급한 메인화면의 기능과 유사하다. 또한 색인지도창 아래의 범례는 그림 13, 14, 15에서 보는 바와 같이 홍수량을 계산하고, 계획홍수량에 따른 침수 주제도를 작성하며 침수지역에 설치되어 있는 펌프장의 정보를 조회할 수 있도록 하였다. 홍수량 계산은 4장에서 구한 확률강우강도 중 부산시가 적용하고 있는 30년 빈도의 Japanese Type의 강우강도를 사용한 합리식을 적용하였으며, 각 계획홍수량은 각각의 설계빈도에 따른 홍수량을 미리 계산하여 이에 따른 침수예상도를 표현할 수 있도록 하였다. 그리고 펌프장의 정보는 기 설치되어 있는 자료를 이용하였으며 펌프의 대수, 용량 등의 현황을 볼 수 있도록 하였다.

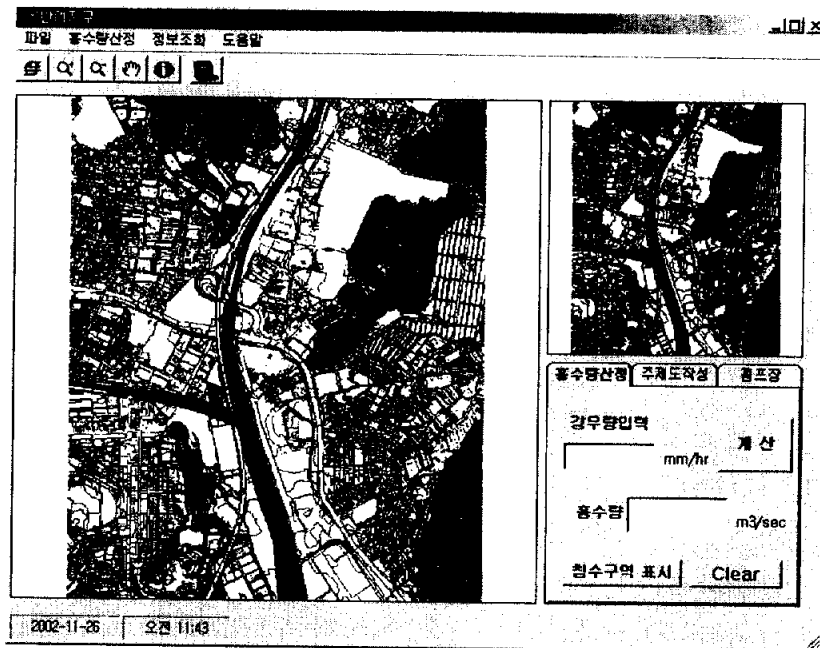


그림 11 보조화면(침수구역별-반여지구)



그림 12 보조화면(침수구역별-수영·망미지구)

홍수량산정 | 주제도작성 | 펌프장

강우량입력

mm/hr

계산

홍수량

m³/sec

침수구역 표시

Clear

그림 13

범례 1(홍수량산정)

홍수량산정 | 주제도작성 | 펌프장

계획홍수량에 따른 침수범위

10년

20년

30년

50년

100년

Clear

그림 14

범례 2(주제도작성)

홍수량산정 | 주제도작성 | 펌프장

배수펌프장
정보 조회

조회

그림 15 범례 3(펌프장)

시설정보

배수지 용량 60,000 m³

펌프 용량 900 HP

펌프 대수 12 대

침수지역 인구 6,690 명

확인

그림 16 시설정보 조회

5.2 침수예상도 작성

5.2.1 홍수량 산정에 따른 침수예상도 작성

사용자가 직접 강우량을 입력하여 홍수량을 계산하고, 계산된 홍수량을 적용하여 침수예상도를 작성할 수 있도록 하였다. 홍수량의 계산은 합리식을 이용하였으며, 각 유역을 몇 개의 소유역으로 세분화하여 계산을 수행하였다. 이렇게 구해진 홍수량은 미리 DB화 되어있는 자료를 인식하여 침수예상도를 작성하는 방법을 사용하였다.



그림 17 홍수량 계산에 의한 침수예상도 작성

5.2.2 계획홍수량에 따른 침수예상도 작성

앞서 언급된 DEM 자료를 기반으로 하여 대상구역의 침수예상도를 작성하였다. 세분화된 표고를 기준으로 각각의 홍수량에 따른 침수예상범위를 구하였으며, 이는 홍수량에 따른 침수심을 일정하다고 가정한 후 실시하였다. 즉, 합리식으로 구해진 최대홍수량을 이용하여 ArcView의 Spatial Analyst에서 홍수량에 따른 체적을 구한 다음 각각의 예상범위를 Shape file로 변환하는 과정을 실시하였다.

이렇게 구해진 침수예상범위는 Grid 분석이므로 시스템에 삽입할 수 있는 Shape file 형태로 변환을 시킨다. Polygon으로 변환된 Layer를 본 시스템의 주화면에 overlay시킴으로써 홍수량의 계산과 함께 그 범위를 손쉽게 파악할 수 있도록 하였다.

각 설계빈도에 따라 10년에서 100년 사이의 5개 값을 적용하였으며 그 결과 시스템에 표현되는 침수예상도는 다음 그림 18 ~ 22와 같다. 이 주제도를 이용하여 향후 발생하게 될 침수지역의 예상범위를 예측하여 침수로 인한 피해를 최소화 할 수 있으리라 사료된다.

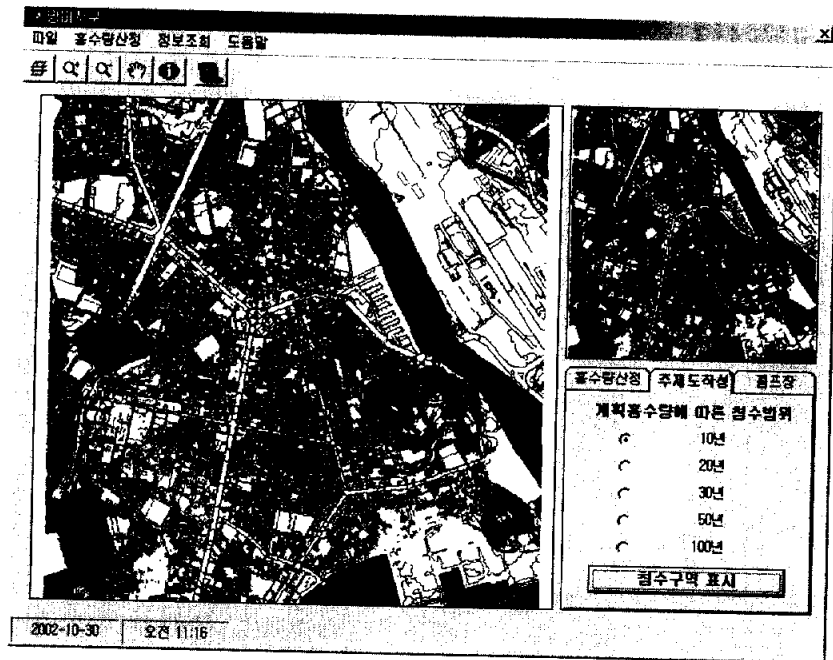


그림 18 설계빈도 10년에 대한 예상 침수범위



그림 19 설계빈도 20년에 대한 예상 침수범위

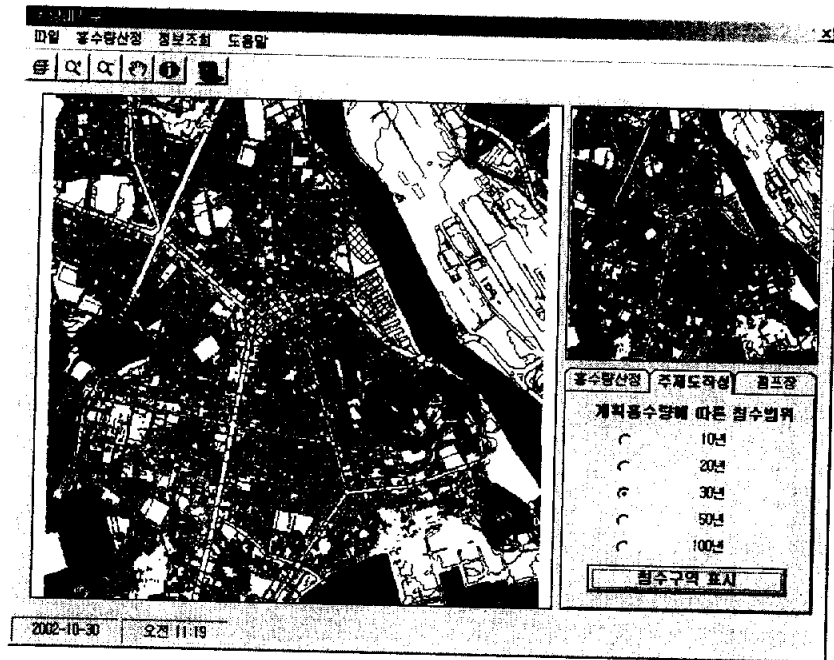


그림 20 설계빈도 30년에 대한 예상 침수범위



그림 21 설계빈도 50년에 대한 예상 침수범위



그림 22 설계빈도 100년에 대한 예상 침수범위

6. 결론

본 연구는 날로 증가하고 있는 침수지역의 관리를 효과적으로 하기 위하여, GIS를 이용한 관리시스템을 구축하였으며, 관리시스템 구축을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 본 시스템을 활용하여 재난 발생 후 수습에 중점을 둔 대책이 아닌 재난의 근본적인 방지를 위한 효과적인 방재 대책 수립에 도움이 될 수 있으리라 생각된다.

둘째, 수치지도를 이용한 GIS의 적용으로 시각화된 침수지역의 표현과 분석 및 관리가 용이해져 비전문가가 본 시스템에 접근·조작함에 있어 어려움이 없으리라 사료된다.

셋째, 한번 구축된 시스템은 정기적인 수정 작업을 통하여 손쉽게 upgrade가 가능하며, 향후 추가로 타 침수지역의 자료 및 일반적인 수문자료를 연계함으로써 종합적인 관리시스템을 구축하는데 도움이 되리라 사료된다.

넷째, 본 연구의 침수분석은 등고선만을 고려한 상태로서 향후 도심지의 효과를 고려한 홍수과의 분석을 수행하면 좀 더 정밀한 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 건설교통부 낙동강홍수통제소(1998). 낙동강 수계 차세대 홍수에경보 시스템 개발.
- 건설교통부 한국수자원연구소(2001). 하천 수리·수문분석 시스템 개발
- 국립방재연구소 (2000). 홍수재해지도 작성 제도화 및 침수예상지역 추정 방법 개발(Ⅰ).
- 김계현 (1998). GIS 개론. 대영사.
- 김양수, 어민선, 최우정 (2000). “침수실적도 작성현황.” 한국수자원학회 workshop, 한국수자원학회.
- 부산광역시 수영구(2000). 수영·망미지구 상습침수지 정비공사 기본 및 실시설계 보고서.
- 부산광역시 해운대구(1994). 춘천 상습침수 배수펌프장 설치보고서.
- 부산광역시 해운대구(1996). 반여동 배수펌프장 설치공사 기본 및 실시설계 보고서.
- 서유미 (2001). GIS를 이용한 대학시설물 관리시스템 구축. 석사학위논문, 부경대학교.
- 심 호(1996). 빗물펌프장 운영합리화 및 도시유역의 유출억제 방안. 박사학위논문, 서울대학교.
- 유복모 (1994). 지형공간정보 개론. 동명사.
- 윤용남 (1993). 공업수문학. 청문각.
- 윤태훈 (1997). 응용수문학. 청문각.
- 이만우, 이성민, 김의명, 유환희(2001). “도시홍수재해예측 및 관리시스템 구축.” 대한토목학회학술발표회 논문집.
- 이종학 (1999). 부산지방 상습침수 지역의 특성과 대책방안에 관한 연구, 석사학위논문, 부경대학교.
- 제의중 (1999). 침수위험지역 분석을 통한 계획적 방재방안 연구, 석사학위

- 논문, 한양대학교.
- 조보현, 이동훈 (2000). “하천지리정보관리시스템 구축.” 한국수자원학회 workshop, 한국수자원학회.
- (주)해강 부설 해강기술개발연구소(1994). 수영강 수계의 유출해석에 관한 조사 연구.
- 중앙재해대책본부 (1999). 재해연보.
- 차성렬 (1994). 지형공간정보체계를 이용한 도시기반시설 관리에 관한 연구, 박사학위논문 동아대학교.
- 최철웅 (1999). 지형공간정보체계를 이용한 수문지형인자 결정에 관한 연구. 박사학위논문, 부산대학교.
- Bruneau, P., Gascuel-Oudou, C., Robin, P., Merot, P., and Beven, K.J. (1995). "Sensitivity to space and time resolution of a hydrological model using digital elevation data." *Hydrological Processes*, Vol. 9, pp. 69-81.
- Daniel H.Hoggan (1997). *Floodplain Hydrology and Hydraulic*. McGRAW-HILL.
- Djokic, D. and Maidment, D.R. (1991). "Terrain analysis for urban stormwater modeling." *Hydrological Processes*, Vol. 5, No. 1, pp. 115-124.
- Kenneth Mingchung Wong (1999). *An Integrated Geographic Information System and Stormwater Management Modeling*. University of California Los Angeles.
- Moore, I.D., Gallant, J.C., Guerra, L., and Kalma, J.D. (1993). "Modeling the spatial variability of hydrological processes using GIS." in *HydroGIS 93: Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources* (ed. by Kovar, K. and Nachtnebel, H.P.), IAHS, No. 211, pp. 161-169.

- Pentland, R.L and Cuthbert, D.L. (1971). "Operational hydrology for ungaged streams by the grid square technique." *Water Resources Research*, Vol. 7, No. 2, pp. 283-291.
- Terstriep, M.L., and J.B. Stall, 1974, *The Illinois Drainage Simulator*, ILLUDAS, bulletin 58, Illinois State Water Survey, Urbana, Ill.
- Vieux, B.E. (1995). "DEM aggregation and smoothing effects on surface runoff modeling." in *Wetland and Environmental Applications of GIS* (ed. by Lyon, J. and McCartby, J.), Lewis Publishers Press, pp. 205-229.
- Vijay P. Singh (1988). *Hydrologic Systems*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Vijay P. Singh, M. Fiorentino (1996). *Geographical Information Systems in Hydrology*. Kluwer Academic Publishers.
- Watkins, L.H.(1962). *The Design of urban sewer systems*, Road Research Technical paper no.55, Department of Scientific and Industrial Research, Her Majesty's Stationary office, London.

감사의 글

2년 동안의 석사과정의 결과로 이 논문을 제출하며 많은 점이 부족한 제 자신을 돌아보게 되었습니다. 이 논문을 쓰는 동안 여러 가지로 부족한 저에게 학문에 대한 바른 자세와 진리를 일깨워 주시고 본 논문이 완성되기까지 아낌없는 사랑과 정성으로 세심하게 지도해 주신 지도교수님이신 김상용 교수님께 진심으로 감사 드립니다.

바쁘신 와중에도 미비한 논문의 심사를 맡아 면밀히 검토해 주시고 바로잡아 주신 이종철 교수님, 이상호 교수님께 진심으로 감사 드리며, 토목공학과 국승규 학부장님, 김종수 교수님, 손인식 교수님, 장희석 교수님, 이종섭 교수님, 이동욱 교수님, 이영대 교수님, 김명식 교수님, 정진호 교수님, 이환우 교수님, 정두희 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

그리고 학부사무실에서 여러모로 많은 도움을 주신 박준봉 조교선생님과 민대훈 조교선생님에게도 감사드립니다.

그 동안 환경수리연구실에서 많은 도움을 주신 정인주 선배님, 이근철 선배님, 이정민선배님과 연구실험후배인 종훈, 승우, 회호에게도 감사의 마음을 전하며, 환경수리연구회 회장이신 김해수 회장님을 비롯한 회원님들에게도 고마운 마음을 전합니다.

대학원 동기로서 연구하는 분야가 달라도 서로 격려하며 학업을 함께 했던 진수형, 영, 병욱, 은찬 그리고 판배에게도 감사와 더불어 그들의 앞날에 영광이 있기를 기원합니다. 힘들고 지칠 때마다 제게 따뜻한 격려를 보내준 동아리 동기들 준혁, 재영, 승엽, 선희, 세연, 경자와 20여년을 변함없는 우정으로 감싸준 정수, 성호, 성민에게도 감사의 마음을 전합니다.

그리고 GIS를 연구하는데 많은 도움을 주신 고진지리정보의 김남진사장님, Map & You의 김상연실장님, 김선국씨에게도 부족한 이 논문과 함께 감사하다는 인사를 드리고 싶습니다.

또한, 결혼까지 한 자식의 뒷바라지를 하시느라 그 마음고생 심하셨을 부모님께 죄송하다는 말과 이 논문을 바치고 싶습니다. 사위로서 제대로 모시지도 못한 장인어른과 장모님께도 감사의 마음을 전하며 이제 갓 돌이 지난 사랑하는 딸 소원이와 공부하느라 제대로 가장구실을 못한 못난 남편을 믿고 따라준 아내 임희정에게도 감사의 마음을 전합니다.

끝으로 저에게 사랑과 격려를 아끼지 않으시고 도움을 주신 모든 분들에게 지면을 빌려 감사를 드립니다.