

공학박사 학위논문

3차원 Virtual GIS를 이용한
도시하천관리시스템 구축

지도교수 김 상 용

이 논문을 지도교수 김 상 용 학위논문 출함



2003년 8월

부경대학교 대학원

토목공학과

정 인 주

정인주의 공학박사 학위논문을 인준함

2003년 6월 24일

주 심 공학박사 이 중 출



부 심 공학박사 손 인 식



위 원 농공학박사 이 영 대



위 원 공학박사 서 진 호



위 원 공학박사 김 상 용



제 목 차 례

제 목 차 례	iv
표 차 례	vii
그 립 차 례	viii
기 호	xi
Abstract	xii
제 1 장 서론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구동향	3
1.2.1 도시 강우 유출의 특성	3
1.2.2 GIS와 도시 홍수 피해	5
1.3 연구방법	8
1.3.1 GIS의 구성	8
1.3.2 자료의 수집 및 데이터베이스의 구성	11
1.3.3 DEM에 의한 수문지형인자의 추출	12
1.3.4 강우-유출 모형과 HEC-RAS 모형	12
1.3.5 수리·수문 분석	12
1.3.6 Virtual GIS의 활용	14
제 2 장 수문 및 수리모형	15
2.1 강우분석 및 확률 강우량	15
2.2 확률 강우강도식	19
2.2.1 단시간 확률강우강도식	19
2.2.2 장시간 확률강우강도식	20
2.3 GIS를 이용한 유출모형의 분석 및 선정	22

2.3.1 GIS와 수문학과와의 연계	22
2.3.2 연구대상유역	22
2.3.3 GRID에 의한 곡선번호(curve number, CN)	23
2.3.4 유출모형의 적용 및 선정	30
2.4 수리학적 모형의 분석 및 선정	33
2.4.1 하도 홍수위 분석	33
2.4.2 기점수위의 결정	33
제 3 장 도시하천관리시스템(RMS) 구축	35
3.1 RMS(river management system)의 구성도	35
3.2 Main 화면의 설계 및 기능	40
3.2.1 Main 화면의 설계	40
3.2.2 수영장 유역관리	41
3.2.3 메인 View의 메뉴 바와 툴 바(tool bar)	43
3.2.4 발생오염원 추적시스템	44
3.3 강우-유출모형과 시스템 연계	45
3.3.1 강우-유출모형과 시스템 연계	45
3.3.2 확률강우량의 입력 및 모형의 실행	46
3.3.3 유출모형의 실행	46
3.4 HEC-RAS 연계 프로그램 개발	47
3.5 GIS와 연계한 하천관리시스템 구축	49
3.6 침수분석시스템 구축	52
3.6.1 침수분석시스템의 구축 과정	52
3.6.2 지형의 모형화	53
3.6.3 침수분석시스템의 기능	56

제 4 장 시스템의 검정 및 고찰	57
4.1 도시유출모형의 선정 및 홍수량	57
4.1.1 도시유출모형	57
4.1.2 검정구역	57
4.1.3 검정구역의 분할	57
4.1.4 검정구역의 홍수량	59
4.2 침수량과 침수심	61
4.2.1 침수량	61
4.2.2 침수심	63
4.3 침수분석시스템의 적용 및 검정	65
4.3.1 검정구역의 지형표현	65
4.3.2 침수분석시스템의 적용	67
4.3.3 GLADYS태풍의 침수	67
4.3.4 침수건물의 조회	69
4.3.5 펌프의 적용	69
4.4 RMS의 활용도	72
4.4.1 하천관리시스템과 HEC-RAS	72
4.4.2 하천시설물관리시스템	72
4.4.3 침수분석시스템의 역할	73
4.4.4 지형체적과 침수심	73
제 5 장 결론	74
참고문헌	75
부록	85

표차례

표 1 부산관측소 지속시간별 최대강우량(1942년~1972년)	16
표 2 부산관측소 지속시간별 최대강우량(1973년~2002년)	17
표 3 강우지속기간별 확률강우량	18
표 4 단시간 확률강우강도식 계수	20
표 5 장시간 확률강우강도식 계수	21
표 6 토지이용도와 토양도의 code 분류	25
표 7 수문학적 토양군	27
표 8 CN의 산정(AMC-III)	28
표 9 지점별 빈도별 홍수량 산정	32
표 10 아이콘의 기능 및 설명	43
표 11 대상유역 홍수유입량	59
표 12 GLADYS 태풍시 지속시간별 강우강도	67
표 13 펌프적용시 시간별 침수면적	70

그림 차례

그림 1 관리시스템 구성도	9
그림 2 연구방법	10
그림 3 자료수집	11
그림 4 수리학적(HEC-RAS) 모형 구성도	13
그림 5 유출모형의 구성도	13
그림 6 부산지방 I-D-F 곡선	21
그림 7 수영강 유역도	23
그림 8 수영강 유역의 분할	24
그림 9 수영강 토지이용도	25
그림 10 수영강 토양도	25
그림 11 수영강 유역의 CN(100m×100m)	26
그림 12 격자크기에 따른 CN의 변화 (AMC-III)	29
그림 13 대상유역의 산정 지점	31
그림 14 수영강 회동댐 상류 홍수위	34
그림 15 물 순환과 시스템 연계	35
그림 16 River Management System 구성도	37
그림 17 건물 polygon 표고 값 부여	38
그림 18 데이터베이스 테이블	39
그림 19 도시하천관리시스템 Main 화면	40
그림 20 Main 화면의 확대	41
그림 21 수영강 유역의 지질도	42
그림 22 수영강 유역의 토양분포도	42
그림 23 수영강 유역의 토지이용도	42
그림 24 수영강 유역의 등시간선도	42
그림 25 수영강 유역의 CN	42

그림 26 수질 측정 지점	42
그림 27 RMS의 menu bar	43
그림 28 수영강 유역의 오염원 추적 시스템	44
그림 29 강우-유출모형과 RMS의 연계	45
그림 30 확률강우량 입력 화면	46
그림 31 유출모형의 실행	46
그림 32 HEC-RAS 연계 프로그램 개발	47
그림 33 HEC-RAS 연계 프로그램 흐름도	48
그림 34 기능구성도	49
그림 35 하천관리시스템의 화면	50
그림 36 지리정보시스템(GIS)과 단면도 현황	50
그림 37 하천시설물관리시스템 화면	51
그림 38 침수분석시스템의 구축 과정	52
그림 39 델로니 삼각망	53
그림 40 등고선과 표고점	55
그림 41 TIN 구축	55
그림 42 침수분석시스템의 화면	56
그림 43 수영·망미지구 유역분할	58
그림 44 반여지구 유역분할	59
그림 45 반여지구 빈도별 홍수량	60
그림 46 수영·망미지구 빈도별 홍수량	60
그림 47 수영강 외수위의 고려	62
그림 48 펌프 고려에 의한 침수량 산정	63
그림 49 침수심의 결정	64
그림 50 지형의 침수심 변화	64
그림 51 반여지구 유역(1/1,000)	65
그림 52 반여지구의 지형 표현	66

그림 53 검정구역의 침수분석68

그림 54 3차원 침수분석(GLADYS대풍시) 68

그림 55 침수건물의 조회 69

그림 56 펌프적용시 침수면적(km^2) 70

그림 57 펌프적용시 침수현황 71

기호

I : 강우강도 (mm/hr)

t : 강우지속시간 (분)

a, b, n : 상수

ΔS_1 : orifice를 고려한 경우 Δt 시간동안의 제내지의 침수량 증가분(m^3)

Q_{out} : ILLUDAS모형에 의한 홍수량(m^3/sec)

Q_{ori} : orifice에 의한 유출량(m^3/sec), $Q_{ori} = CA\sqrt{2gH_s}$

ΔS_2 : pump를 고려한 경우 Δt 시간동안의 제내지의 침수량 증가분(m^3)

Q_{out} : ILLUDAS모형에 의한 홍수량(m^3/sec)

Q_{pump} : 펌프의 용량(m^3/min)

S : 저류량, 침수량(m^3)

A_0 : 지형의 투영단면적(m^2)

V_2' : 수위의 변화에 따른 지형의 체적(m^3)

$$V_2' = \Sigma \left[A_0 \left(h_1 + \frac{2}{3} h_2 + \frac{1}{3} h_3 \right) - \frac{1}{3} A_0 \left(\frac{(h_1 + h_2 + h_3 - H)^3}{h_3(h_2 + h_3)} \right) \right]$$

S : 저류량, 침수량(m^3)

Construction of Urban River Management System Using Three-Dimensional(3-D) Virtual GIS

In-Ju Jeong

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

Abstract

As a result of the development of computer and geography information technology, research to find objective determination factors of hydrologic-topographical parameters and present a rainfall-runoff model and a result of hydraulic model in three dimensions by combining hydrology and GIS(Geographic Information System) has been proceeding recently. Flooding has happened often because of the incapability of interior drainage due to the rise of water level caused by intensive and exceptional rainfall. This study proposes an efficient inundation analysis and management method by constructing an urban river management system(RMS) using three-dimensional Virtual GIS.

This study shows that we calculated the volume by presenting the geographical features through a triangulated irregular network that was built with a delaunay triangulation. Therefore we were easily able to calculate the inundation area, amount and volume, etc. Thus we assume that this study will assist in reducing the damage from natural

disasters by predicting flooding caused by potential exceptional weather phenomena, and managing the areas that are prone to flooding.

In this study we built an RMS, which enabled us to analyze the range from rainfall to inundation completely, therefore reaching the following conclusions.

First, we were able to save time and labor by calculating objective determination factors of hydrologic-topographical parameters in the research areas through a combination of hydrology and GIS. We were able to present that the size of the grid that could extract these parameters was $100\text{m} \times 100\text{m}$.

Second, in this chain system(from rainfall to inundation analysis) we were able to improve the efficiency of river management through the construction of RMS.

Third, we were able to analyze efficiently the result of HEC-RAS by building a river and infrastructure management system using GIS connected with a cross section, plane figure and the longitudinal section of the river.

Finally, by building an inundation analysis system, we were able to carry out an inundation analysis of expected rainfall and we could calculate the size and volume of the inundated area and investigate inundated buildings. Therefore we expect that it will raise the level of efficiency in evaluating flood damage.

제 1 장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

지구상의 도처에는 지구 온난화 현상 등의 기후변화로 인해 홍수발생 빈도가 많아졌으며, 이로 인해 인명과 재산의 피해가 이전보다 훨씬 많아졌다. 우리나라도 2002년 태풍 루사로 인한 대홍수로 5조 5천억원이나 되는 천문학적 숫자의 재산피해와 수많은 이재민을 발생시켰다. 특히 강릉지방은 1일 870.5mm라는 집중호우가 발생하여 저수지가 붕괴되고 하천이 범람하여 시가지 전역이 침수되는 엄청난 피해가 발생하였다⁴³⁾.

최근에 수자원 분야에서는 이와 같은 홍수피해에 대하여 수리·수문학적 개념과 지리정보시스템(geographic information system, GIS)을 연계하여 대책을 찾고 있다. 이처럼 GIS는 수자원 분야에서 새로운 가능성으로 제시되고 있으며, 공간자료를 분석할 수 있는 도구로서 침수분석을 하는데 큰 도움을 주고 있다. 또한 GIS와 수문학의 연관성은 수문모형의 설계 및 검증 등의 작업에도 도움을 주고 있다⁴⁴⁾.

수문해석을 하는데 있어서 대상유역을 실제 지형처럼 표현하는 것은 매우 중요하다. 이와 같은 대상유역을 표현하기 위하여 TIN(triangulated irregular networks)과 DEM(digital elevation model) 등의 방법들을 일반적으로 이용하고 있으며 최근에는 GIS를 이용하여 불규칙 삼각망과 수치표고모형을 구축하여 지형을 표현하고 분석하고 있다^{45),46),47)}. 이와 같은 GIS는 수문학적 인자를 추출하는데 많은 도움을 주고 있다.

근래에는 수문모형과 GIS의 연계성에 따른 인자를 찾는 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 종이 지형도를 이용한 유역분석 등을 지리정보시스템을 이용함으로써 인력 및 시간의 절약에 큰 도움을 주고 있을 뿐만 아니라 객관적인 인자를 추출할 수 있다⁴⁸⁾.

GIS가 수문학에 응용 및 적용된 것은 1990년도라 할 수 있겠지만 2000

년 이후에 더욱 활발하게 연구되고 있다. 최근 2003년도에 들어서 침수분석을 실시간 3차원적^{49),50)}으로 해석하고자 노력하고 있으며 GIS와 수문학의 끝없는 연계성은 집중호우에 의한 홍수피해를 미리 예측할 수 있으며, 인명피해 및 재산피해를 줄이는데 큰 역할을 담당할 것으로 본다.

본 연구의 목적은 많은 장점을 가진 GIS를 이용하여 하천주위에 있는 도시주거단지의 홍수범람 및 침수피해를 방지하고, 체계적인 하천관리를 통하여 이상기후 등에 의한 하천수위의 변화 및 제내지의 침수상황 등을 미리 재현해 봄으로써 피해를 예방하고, 위험한 지역을 미리 보수하고 점검할 수 있는 재해방지 시스템을 구축하고자 한다. 더구나 3차원 Virtual GIS를 이용하여 상황을 재현함으로써 실제 피해상황을 좀더 세밀하게 예측할 수 있으므로 재해를 최대한 방지할 수 있고, 이상기후로 인한 자연재해 발생시 대책을 수립하는데 효율적인 방안을 제시하는데 목적이 있다.

1.2 연구동향

1.2.1 도시 강우 유출의 특성

급격한 도시화로 인하여 불투수층이 크게 발생하고 지하매설물 등에 의하여 도시유역에서의 수문현상은 대단히 복잡하게 되어가고 있다^{1),2),51)}. 도시유역에서의 강우유출에 따른 일련의 문제를 공학적인 접근으로 문제의 제기와 해결을 시도하고자 하는 데는 다음과 같이 크게 4단계로 나눌 수 있다³⁾. 첫째는 1850년대에 시작되었는데 주로 관경결정이 문제가 되었고, 둘째 단계는 얼마나 많은 물을 어떻게 배제하느냐에 관한 문제였고, 셋째 단계는 배수의 양적인 문제뿐만 아니라 수질에 관한 문제도 고려하는 방법으로서 이는 특히 1960년도 후반부터 연구가 시작되었다. 넷째 단계로는 배수로의 최적설계, 유지관리 및 침수위험 등에 관심을 두어 활발한 연구결과가 발표되었다⁵¹⁾.

19세기 후반에 Emil Küickling(1889)는 우수배수조직의 해석 및 계획과 관련하여 합리식을 발표하였다^{4),5)}. Gregory와 Arnold(1932)는 유역의 형상과 경사, 배수망의 형태, 개수로의 흐름요소 등을 고려하여 합리식을 개정발표 하였으며^{6),7)}, Hicks(1994)는 Los Angeles hydrograph method라 불리는 방법을 이용하여 Los Angeles 지방에서 여러 가지 토양에 따른 침투능 및 경사와 토양에 따른 지표흐름을 결정하는데 경험적 연구에 기초를 두고 선행강우조건 및 지표면 요철에 의한 초기손실 및 도달시간 등을 고려하였다⁵¹⁾. Izzard(1946)⁸⁾는 경사면에서 부정류상태의 지표흐름을 모의시키는 방법을 개발하였다.

Tholin과 Keifer(1960)에 의해 연구 발표된 Chicago hydrograph method에서는 설계유량으로부터 손실량을 고려하였고 포장, 초지, 지붕위에서의 지표흐름을 Izzard의 방법에 따라 계산하였으며 배수망을 통해 유역 출구까지 흐르는 유량은 지체시간법을 이용하여 추적하였다^{9),10)}.

UCURM은 Papadakis et al(1970)이 개발한 수치모형이며 강우주상도

와 유역특성을 나타내는 인자를 이용하여 결정론적 방법을 사용하여 주어진 수문현상에 대해 모의 발생할 수 있는 방법으로서 수문곡선의 추적은 단지 유입부에서 다음 하류까지의 이동시간만큼 유입수문곡선을 이동함으로써 구하였다^{7),11),12)}.

ILLUDAS(illinois urban drainage area simulator)는 RRL법을 도시유역에서 설계 및 유출량을 모의할 수 있도록 Stall et al(1974)가 개발한 모형이며 시간면적곡선으로 구분유역 유입수문곡선을 모의하고 관거에서는 유입수문곡선을 단지 수평이동하는 지체시간법과 음함수 및 양함수법을 이용하여 유출수문곡선을 구하였다^{5),13),14),15),20,21)}. ILSD는 Yen et al(1984)에 의해 개발되었는데 유역을 몇 개의 구분유역으로 나누어 계산하는 설계 및 유출모형으로 설계시엔 최소비용까지 고려하였다^{9),22),49)}.

이영대(1989)는 합리적인 해석을 위하여 수학적 모형을 이용하고, 배수조직에서 지표흐름을 효과적으로 계산할 수 있도록 지표면의 형상을 단순화하여 지표저류가 가능한 구분유역을 가진 지표흐름과 집수로 흐름 및 유입점인 합류점, 맨홀, 절점 등을 통하여 하류로 유하시키는 관거유출로 구성된 모형으로 개념화하여 해석하고, 관거에서의 흐름을 검사함으로써 유역의 물리적 특성 변화에 따른 수문량의 변화 추정과 기존 관거에서의 유출해석이 가능한 도시소유역에서 유출해석을 위한 수학적 모형(urban runoff analysis model, URAM)을 개발하였다⁵¹⁾.

김상용(1991)외 4명은 도시소유역 개발에 따른 유출현상의 연구를 통하여 합리식이나 단위도법은 침투유출량을 결정하기 쉬운 점이 있으나 수문순환과정에서 서로 복잡하게 상호작용하는 중요인자들의 역할을 제대로 표현하기는 어려운 점을 보완하여 유출모형을 수정보완하여 개발한 바 있다^{51),52),53)}. 강태호(1999)외 2명은 도시하천에서의 강우, 유출 및 수질예측(I),(II)의 연구에서 시강우계열 모의발생 모형(ARP-ARMA)에 의해 발생된 강우자료를 도시유출 및 수질모형인 SWMM에 적용하여 도시하천에서의 유출량과 오염부하량을 예측하는 ARCSWMM기법을 개발하였다⁵⁴⁾.

백승권(2000)는 도시유출모형의 매개변수에 따른 침투유출량의 변화에 관한 연구를 하였으며⁵⁵⁾, 한영만(2001)는 도시유출모형을 이용한 도시화 구역의 유출해석을 수행하였다⁵⁶⁾. 김충수(2002)는 도시유출 모의모형의 매개변수를 추정하는 연구논문을 작성한 바 있다⁵⁷⁾.

1.2.2 GIS와 도시 홍수 피해

최근 홍수 피해를 관리하기 위하여 GIS와 많은 연계를 이루며 집중호우 등 이상강우에 대해서 미리 상황을 재현함으로써 침수로 인한 피해의 범위를 예측할 수 있게 되었다.

Oliver Coroza, David Evans, Ian Bishop(1997)등은 GIS를 연계한 강화된 유출모형을 통하여 호주에서 사용하는 유출모형이 RORB를 이용하여 GIS와 시스템의 본격적인 연계에 관하여 연구하였다³⁵⁾. Philip A. Townsend, Stephen J. Walsh(1998)등은 RS와 레이더 GIS를 이용하여 침수지역 모델링에 관한 연구를 하였으며 침수지역에서의 빈도별 홍수량을 DEM을 이용하여 격자와 네트워크 분석을 통하여 침수지역에 관한 연구를 하였다³⁴⁾. M. G. F. Werner(2001)는 격자크기의 영향에서 1차원 흐름 모델을 이용한 GIS기반의 침수지도에 관한 연구를 통하여 격자를 통한 역방향거리 보정방법과 1차원 흐름모델을 통하여 수위를 계산하여 침수지역의 깊이의 산정에 관하여 연구하였다³⁷⁾. Liu Renyi and Liu Nan(2002)등은 중국 Zhejiang의 침수지역과 위험도 평가에 관한 연구에서는 GIS 분석 시스템 구축을 통하여 체계적인 침수지역의 관리망 구축에 관한 연구를 하였다³⁶⁾. G. Gamolati 와 P. Teatini(2002)등 Northern Adriatic 해안저지대에서의 침수위험의 GIS 모의를 통하여 조수와 폭풍에 의한 저지대의 침수지역분석에 관한 연구를 하였다³²⁾. S. K. Sinnakaudan, A. Ab. Ghani, M. SS. Ahmad, N. A. Zakarai(2003)등은 파리강에서의 부유사수송을 위한 홍수위험도계획에 관한 연구에서는 유사수송에 관해서 HEC-6와 ArcView GIS의 시스템 통합에 관한 연구를 하였다³¹⁾. W. Al-Sabhan, M.

Mulligan, G.A Blockburn(2003)등은 웹과 GIS를 이용한 침수예보를 위한 실시간 수리학모델에 관한 연구에서는 웹을 통하여 실시간 하천정보를 GIS를 이용하여 정보 분석을 통해 침수지역 예보에 대해 연구를 하였다³⁰⁾.

국내의 경우 정찬득(1985)은 GIS와 연계하기 이전에 홍수예경보 시스템에 관한 연구를 수행하였으며⁵⁸⁾, 함창학(1996)은 GIS를 이용한 수문지형 정보 추출에 관한 기초적 연구를 수행함으로써 GIS와 수문학의 연계성을 보여주었다⁷⁴⁾. 차성렬(1994)은 지형공간정보체계를 이용한 도시기반시설 관리에 관한 연구를 통하여 상수도 등의 시설물 관리 및 유지할 수 있는 지형공간정보체계 방안을 제시하였다⁵⁹⁾. 이종원(1998)의 1명은 GIS를 이용한 한강 침수예측시스템 구축에 관한 연구를 발표하였다⁶⁰⁾. 김상용(2001)의 2명은 지형공간정보체계를 이용하여 상습침수지역의 특성분석에 관하여 연구를 수행하였으며, 2002년도에는 상습침수지역의 관리시스템을 구축하였다^{69),70),71),73)}. 김계현(2001)의 1명은 GIS 기반의 하수도 관망해석기법 개발에 관한 연구를 통하여 하수관망시설에 대한 관망해석을 실시하여 배수지역내 적정 하수배출량을 산정하고 GIS의 그래픽기능을 이용한 시각화 효과를 나타내는 시스템을 개발하였다⁶¹⁾. 유환희(2001)의 2명은 실시간 정보의 제공을 가능케 하는 무선 인터넷 GIS를 이용하여 재해 발생시 현장에서 재해관리 데이터베이스에 접근하고, 신속하게 현장정보를 확인하여, 재해상황에 효과적으로 대처하며, 즉시 재해정보를 수정, 갱신할 수 있는 재해관리시스템을 개발하였다⁶⁶⁾.

박의정(2002)의 3명은 GIS를 이용한 함평천 유역의 침수취약지역 분석에 관한 연구를 통해 유역의 데이터베이스를 구축하고 침수취약지역에 관하여 과거침수지역 분석을 통한 추정방법과 빈도별 홍수위와 하천출구로부터 누가거리를 이용하여 분석하는 방법을 통하여 침수취약지역에 대한 연구를 하였다⁶²⁾. 유환희(2002)의 2명은 GIS를 이용하여 도시지형과 하수관망도를 데이터베이스로 구축하고 홍수의 지표 유출특성과 관로 유출을

분석함으로써 예상강우량 및 지속시간에 따라 피해지역을 예측할 수 있는 홍수관리시스템을 구축하였다⁶³⁾. 이상신(2001), 박홍균, 윤천주(2002) 등은 홍수위험지도 제작을 위하여 데이터베이스 설계 및 효율적인 DEM 생성에 관한 연구를 수행하였다^{75),76),77)}.

조용재(2003)는 상습침수지역을 DEM으로 분석을 수행한 후 MapObject를 이용하여 관리시스템을 구축하였다^{72),73)}. 안상진(2003)의 2명은 홍수피해로 인한 침수면적 산정에 관한 연구를 집중호우로 인하여 발생한 하천주변의 홍수피해의 원인을 파악하고, 이 원인이 침수피해 지역에 어떤 영향을 미치는가를 분석하였다⁶⁴⁾. 김철(2003)의 1명은 홍수기록이 부족한 대규모의 넓은 지역에 대해 홍수에 의한 침수가능성이 있는 취약지역의 범위를 개략적으로 예측할 목적으로 수치고도모형(DEM), 토지피복도 등의 지형학적 자료와 빈도별 홍수위 자료에 대해 GIS를 사용하여 몇 가지의 분석방법을 개발하였다⁶⁵⁾.

1.3 연구방법

GIS를 이용한 수문학과와의 연계를 통하여 강우-유출모형에서부터 3차원 GIS를 이용한 화면출력까지 한 개의 시스템을 그림 1에서 보는 바와 같이 구축할 수 있었다. 즉, GIS를 이용하여 지형분석과 유역분석 등을 통하여 수문자료를 효율적으로 생성하는 방안을 제시하고 전처리 및 후처리 과정을 결합한 하천관리 및 침수분석시스템을 구축하였다.

1.3.1 GIS의 구성

인류의 문명과 문화가 다양해지고 고도화되어감에 따라 각종 정보의 신속 정확한 처리와 이용이 절실히 요구되고 있다. 이러한 요구에 부응하기 위해 토지, 자원 및 환경 등에 관련된 각종 정보처리체계가 지리정보체계(GIS), 토지정보체계(LIS), 도시정보체계(UIS), 도면자동화 및 시설물관리(AM/FM) 등의 방식으로 시도되어 각기 평행적으로 발전되어 왔으나, 그 상호연관성 및 의존성을 고려한 통합 정보체계인 지형공간정보체계(geo-spatial information system; GIS)의 활용성과 수요가 날로 증대되고 있다⁶⁷⁾.

최근에 들어서 지리정보시스템은 수문학분야와 많은 연관성을 가지며 활용되고 있다. 특히 실제 지형을 표현하고 수치표고모형(DEM)을 접목하여 수문분석을 하는데 큰 역할을 담당해주고 있다. 따라서 강우-유출관계의 해석을 위한 공간자료를 더욱 명확하고 체계적으로 획득할 수 있는 방법을 제시해 주고 있다.

지금까지 하천유역의 수문학적 공간자료 및 정보를 추출해 내기 위해서는 방대한 자료들의 획득과정에 많은 시간과 인력의 소요가 필요하였다. 특히 하천유역과 같은 넓은 지역에 대해서 보다 효율적인 자료를 획득하기 위한 방법으로서 컴퓨터 하드웨어의 발달과 더불어 GIS 기법들이 제시되었다⁶⁸⁾.

GIS를 이용한 종합적인 공간처리 기술을 도입하여 이미 공간분석까지 수행할 수 있게 되었다. 본 연구에서는 자료를 해석 및 분석하고 처리하는 과정과 함께 3차원 GIS를 적용함으로써 도시적인 효과로 결과를 모니터 및 보고서에 출력할 수 있도록 구성하였다.

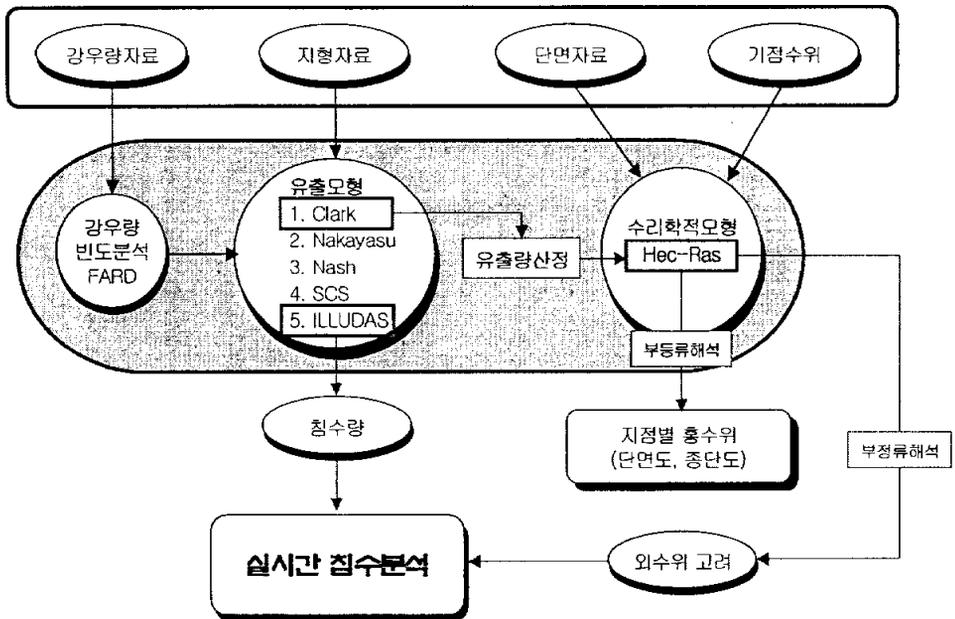


그림 1 관리시스템 구성도

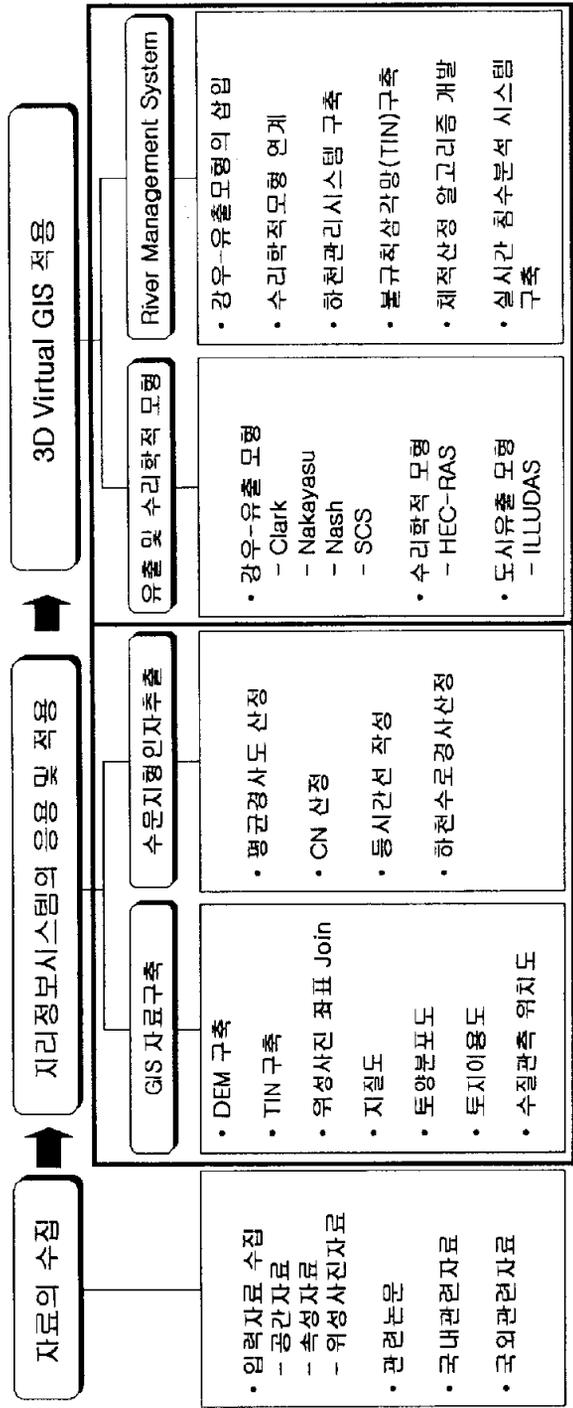


그림 2 연구방법

1.3.2 자료의 수집 및 데이터베이스의 구성

본 연구대상 유역에 필요한 공간자료를 구축하기 위하여 수치지형도 1/25,000, 1/5,000, 1/1,000을 각각 수집하였고, 또한 토지 이용도, 토양도, 지질도 등을 종이지도를 이용하여 구축할 수 있었다.

수치지형도는 작업목적에 알맞게 레이어(layer)별로 구분되어 있으며 지형을 분석하기 위하여 TIN을 구축하기 위해 각각의 축척별로 수집된 자료를 수정 및 보완하였다. 즉, 유출 모형 해석에 필요한 자료로서 목표 달성에 대한 정밀도를 얼마나 지니고 있는지 충분한 검토가 이루어져야 한다.

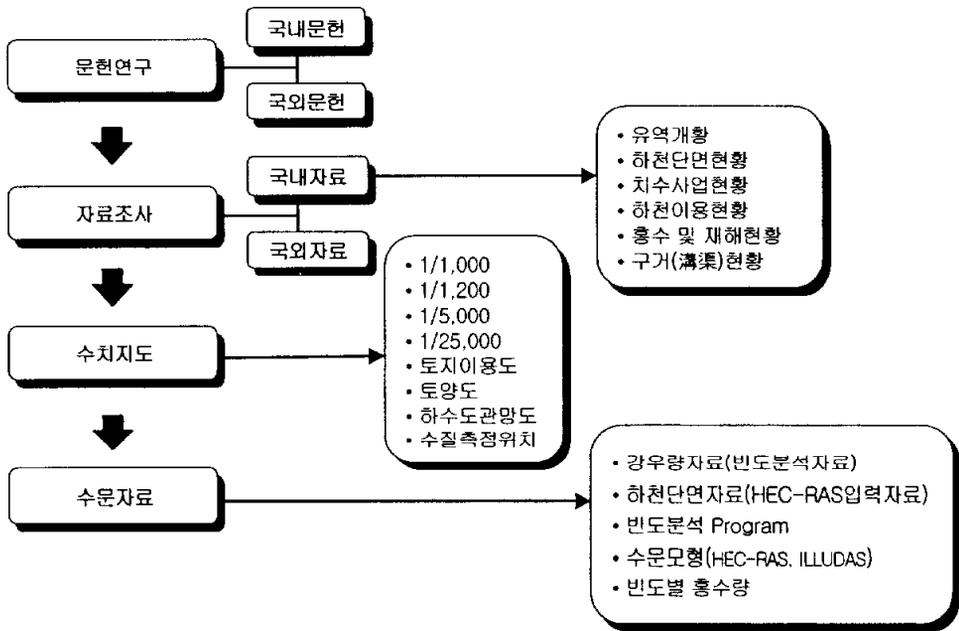


그림 3 자료수집

1.3.3 DEM에 의한 수문지형인자의 추출

수문지형인자는 수치지형도에서 바로 얻을 수 없으므로 ArcView의 Extension인 Spatial Analyst를 이용하여 TIN을 구축한 다음 DEM을 생성한 후 대상유역의 분할 및 경사도 등의 수문지형인자를 추출하였다.

대상유역을 분석하고 수문모형을 수행하기 위해서는 소유역으로 분할할 필요가 있다. 본 연구에서는 ESRI사에서 제공하는 Hydro Module을 이용하여 소유역으로 분할하였고, 분할된 유역에 대하여 수문분석을 수행하였다. 그러나 수문지형인자를 추출하는데 있어서 DEM 구축시 격자크기에 따라 영향이 미치는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 DEM 구축시 격자크기에 따라 수문지형인자들을 비교하였으며 검증된 수문지형인자를 선정하여 본 시스템에 적용하였다.

1.3.4 강우-유출 모형과 HEC-RAS 모형

앞에서 제시된 바와 같이 지형인자를 통하여 강우-유출 모형을 수행하여 얻어진 값을 HEC-RAS 모형과 연계하여 최종 홍수위를 계산하였다. HEC-RAS 모형은 수문분야의 실무에서 이미 검증된 모형으로 본 시스템에서는 HEC-RAS 모형의 입력데이터를 강우-유출 모형에서 계산한 값을 자동으로 작성하게 하였으며, 시스템 사용자가 HEC-RAS 모형을 실행함으로써 최종 홍수위가 결정되는 방법으로 모형을 연계시켰다. 또한 HEC-RAS 모형에서 계산된 결과 값(sy.rep)을 받아들이 본 시스템에서 GIS와 연계하여 화면 출력되는 방식으로 결과 값들을 나타내었다.

1.3.5 수리·수문 분석

수리·수문 분석은 대상유역의 상습침수지역의 내수배체계산을 위하여 수행되었다. 먼저 확률강우량 분석은 국립방재연구소에서 개발한 FARD (frequency analysis of rainfall data)를 이용하여 확률강우량을 선정하였다. 그리고 확률강우강도를 분석 및 검토한 후 확률 강우강도를 결정하였

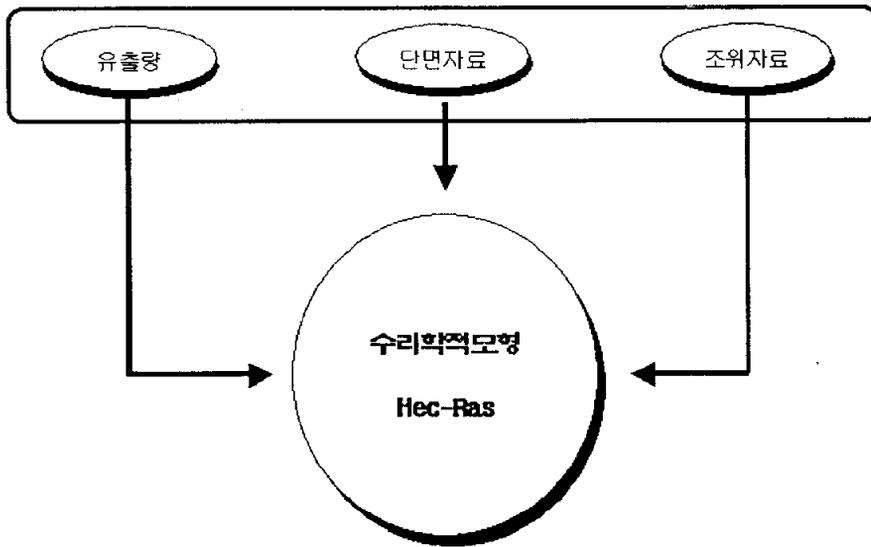


그림 4 수리학적(HEC-RAS) 모형 구성도

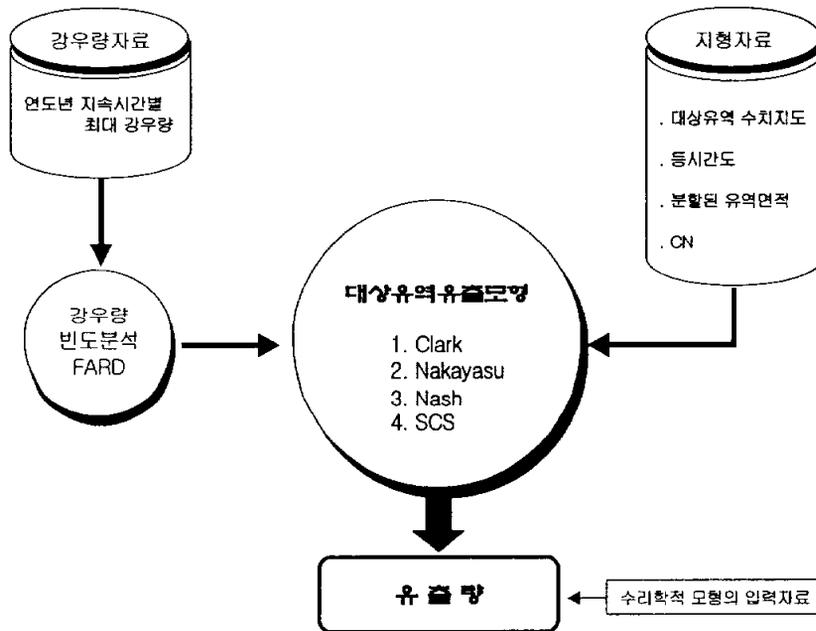


그림 5 유출모형의 구성도

다. 설계빈도 선정은 국·내외 적용현황을 참고하여 적용범위에 맞도록 선정하였다. 본 대상하천인 수영강은 조위의 영향을 받고 있으며, 대상 유역은 도시의 주거 및 상업지역이다. 따라서 호우시 매년 주거 및 상업지역 등이 침수피해를 받고 있는 실정이었으나 최근에는 대책을 마련하여 침수의 피해는 줄어들 것으로 본다. 이러한 침수지역의 관리는 소홀히 해서는 안될 것이다.

감조하천인 수영강 홍수위를 고려하여 우수관거 통수능력을 검토하고 침수지역을 조사하였다. 본 대상유역의 침수발생 원인으로는 일반적인 침수발생원인과 비슷하게 외수위의 영향과 내수배제 불량 등으로 조사되었다³⁴⁾. 특히 현장 여건상 단면확대가 곤란한 지역이 있어서 유역내 우수관거의 통수단면부족으로 내수배제가 불량한 것으로 조사되었다.

1.3.6 Virtual GIS의 활용

수문학에서 GIS의 활용에 대한 연구는 최근에 들어 더욱 활발하게 이루어지고 있다. 더욱이 GIS기법을 이용하여 유역내의 분석 및 결과 값에 대한 표현에 많은 활용을 하고 있다. 이러한 결과에 대한 표현을 입체적인 3차원으로 수행하고자 많은 노력이 있었으나, 결과물 자료의 과대한 용량 등의 문제점으로 어려움을 겪고 있었으며 실제 지형에 맞게 실시간의 변화를 표현하기에는 한계가 있었다. Virtual GIS는 래스터 데이터를 다루는 GIS 소프트웨어에서 마치 높은 하늘에서 실제 지형을 보는 듯하게 구현해 내고 3차원 지형자료로 GIS분석을 가능하게 해주는 소프트웨어를 말한다. 본 연구에서는 OpenGL과 MapObject의 활용으로 수리·수문모형의 결과를 3차원으로 표현할 수 있었으며 제내지(堤内地)의 침수위를 Virtual GIS를 이용하여 표현함으로써 홍수침수의 영향을 더욱 빨리 파악할 수 있도록 제시할 수 있었다.

제 2 장 수문 및 수리모형

2.1 강우분석 및 확률 강우량

연구대상 유역의 강우자료분석을 위하여 유역에 설치되어 있는 우량관측소의 강우자료를 획득한 후 통계분석을 통하여 확률강우량을 산정하고 있다. 그러나 본 연구대상 유역에는 우량관측소가 설치되어 있지 않으므로 인근에 위치한 부산지방기상청의 1942년~2002년까지의 강우자료를 수집하여 임의지속기간의 10분, 30분, 1시간, 2시간, 3시간, 6시간, 12시간, 18시간, 24시간까지 9가지 지속기간에 대한 연 최대치 강우량 자료를 구축하여 확률강우량을 계산하였다^{78),79)}.

부산기상관측소의 1942년~2002년까지의 지속시간별 최대강우량을 표 1과 표 2에 수록하였으며, 표 3은 본 연구에서 산정한 지속시간별 확률강우량이다.

표 1 부산관측소 지속시간별 최대강우량(1942년~1972년)

구분	10분	30분	1시간	2시간	3시간	6시간	12시간	18시간	24시간
1942	17.5	34.5	64.5	66.4	108.1	120.8	135.0	135.0	135.0
1943	6.6	14.4	19.1	39.6	35.7	60.5	85.2	102.6	110.3
1944	8.9	14.6	21.1	30.5	40.2	68.6	77.3	77.4	77.4
1945	4.2	9.6	19.1	28.4	41.5	62.7	66.3	72.1	74.4
1946	21.8	39.8	46.8	65.7	73.6	109.3	111.5	111.5	111.5
1948	21.1	55.3	65.7	98.7	116.7	148.7	152.7	152.9	152.9
1949	9.0	21.1	36.2	60.3	85.3	127.0	196.8	224.2	224.6
1950	8.0	19.5	27.2	36.1	41.9	49.3	81.8	106.9	107.8
1951	16.0	21.0	26.4	33.4	40.6	46.1	54.1	58.0	73.6
1952	15.3	29.0	44.9	64.6	75.5	87.1	110.2	113.9	118.2
1953	11.7	22.8	37.5	52.2	52.4	59.5	97.8	109.6	114.4
1954	5.7	11.1	15.5	20.4	23.4	40.5	60.1	78.2	79.8
1955	13.4	21.7	32.8	45.6	55.2	78.2	88.9	111.8	119.5
1956	22.5	43.9	63.8	72.3	78.6	108.0	112.0	127.2	133.4
1957	4.1	8.3	16.3	17.3	23.2	27.5	33.2	35.5	56.5
1958	9.4	15.1	22.4	36.6	42.7	64.3	82.4	99.4	112.7
1959	12.0	20.0	38.8	52.5	62.1	82.3	100.0	100.0	100.0
1960	16.1	23.5	35.0	57.7	71.8	96.5	111.2	140.1	155.6
1961	20.4	35.3	41.1	61.8	73.2	117.6	138.2	139.0	179.9
1962	17.0	30.1	57.8	92.0	98.6	125.2	188.6	214.3	217.3
1963	13.6	23.7	42.8	68.9	83.1	143.7	199.6	245.8	282.3
1964	10.0	20.9	32.0	41.0	57.0	78.5	86.9	109.5	112.6
1965	13.2	28.3	52.3	86.7	124.1	182.1	206.4	207.6	207.6
1966	6.5	12.0	20.2	35.3	48.1	63.7	65.5	66.5	66.6
1967	11.8	17.8	20.1	28.0	39.0	72.8	93.6	96.5	96.5
1968	13.7	27.8	44.0	69.0	81.6	102.2	111.0	111.8	112.0
1969	23.0	52.0	71.0	89.6	94.0	167.4	256.3	275.9	285.7
1970	20.5	55.0	89.0	116.0	118.8	126.0	154.7	155.1	156.2
1971	17.4	27.1	50.1	78.3	82.7	107.0	111.9	113.2	113.2
1972	14.8	28.3	48.8	71.9	97.6	177.8	228.3	240.5	241.5

표 2 부산관측소 지속시간별 최대강우량(1973년~2002년)

구분	10분	30분	1시간	2시간	3시간	6시간	12시간	18시간	24시간
1973	15.8	46.2	77.2	115.7	56.7	93.7	146.0	154.4	154.4
1974	18.2	35.7	35.7	46.1	57.7	81.8	115.8	115.8	125.4
1975	14.0	25.1	36.4	46.8	54.6	59.4	74.8	97.0	104.8
1976	11.6	21.6	28.1	28.1	31.4	47.5	56.4	58.4	62.6
1977	11.4	20.8	27.1	39.3	32.1	52.8	79.8	82.0	82.6
1978	11.1	28.4	46.2	74.9	91.7	133.0	186.0	246.5	257.3
1979	19.5	30.2	41.5	57.4	68.2	115.6	180.3	205.6	232.3
1980	11.4	25.6	37.2	49.2	43.0	61.5	103.8	124.5	140.1
1981	40.0	66.7	84.1	103.2	109.4	116.0	159.8	183.1	185.6
1982	30.0	49.2	56.6	57.1	65.2	83.7	104.9	107.8	108.0
1983	23.0	52.6	84.6	120.6	157.2	179.8	184.8	187.1	191.6
1984	19.5	52.9	86.7	104.3	109.2	144.9	194.5	245.6	246.5
1985	20.0	36.8	54.2	86.6	109.1	135.8	138.2	152.6	196.4
1986	10.0	21.4	31.0	41.4	56.0	98.0	132.4	148.9	152.2
1987	15.4	30.4	50.4	85.3	106.9	140.3	153.3	153.8	154.2
1988	10.8	28.0	44.0	47.4	51.6	72.7	75.6	75.6	97.5
1989	17.0	33.5	47.5	80.5	92.0	161.2	238.0	257.9	258.3
1990	14.4	20.8	23.0	28.0	29.5	49.3	79.3	80.1	80.3
1991	19.5	39.0	73.0	100.0	105.3	210.3	361.8	433.4	460.9
1992	10.6	26.0	38.0	55.6	63.9	85.6	124.6	132.5	132.6
1993	19.1	34.3	51.8	56.0	79.0	119.4	126.4	129.4	129.5
1994	15.0	23.0	26.7	28.6	37.3	62.1	85.0	115.6	119.9
1995	16.5	23.9	28.9	41.1	61.1	93.6	126.8	127.1	127.2
1996	13.0	23.0	31.0	41.0	60.7	68.2	88.0	102.3	122.4
1997	18.9	27.8	44.8	55.8	82.1	141.2	167.7	173.0	173.0
1998	16.1	27.2	50.0	66.0	79.1	87.4	111.3	152.3	168.2
1999	17.0	39.2	66.7	81.7	84.3	101.6	149.0	213.9	282.2
2000	14.0	39.2	53.0	89.0	94.8	105.7	107.3	137.8	160.5
2001	38.8	39.2	38.8	57.6	63.8	69.9	90.3	105.1	142.1
2002	38.5	39.2	38.5	74.5	95	132.5	147	171	186

표 3 강우지속기간별 확률강우량

단위 : mm

재현 기간 (년)	강우지속기간별 확률강우량							
	10분	30분	1시간	2시간	3시간	6시간	12시간	24시간
2	14.0	25.7	40.9	54.5	66.6	93.1	118.7	140.7
5	19.4	36.9	58.3	77.2	93.4	130.8	169.3	202.3
10	22.9	44.3	69.9	92.3	111.2	155.7	202.7	243.1
20	26.4	51.4	81.0	106.7	128.3	179.7	234.8	282.2
30	28.3	55.5	87.4	115.0	138.1	193.4	253.3	304.7
50	30.8	60.6	95.4	125.4	150.3	210.7	276.4	332.9
80	33.1	65.3	102.7	134.9	161.6	226.4	297.5	358.6
100	34.1	67.5	106.2	139.4	161.6	226.4	297.5	358.6
200	37.4	74.4	116.0	152.7	183.4	257.0	338.5	408.6

2.2 확률 강우강도식

부산기상관측소의 최근까지의 지속시간별 강우자료 (1942~2002년)를 이용하여 확률강우량을 산정한 후, 최소자승법으로 확률강우량에 대한 회귀식을 유도하여 연구대상 유역특성에 적합한 확률강우강도식을 선정하였다. 강우강도 공식은 일반적으로 많이 쓰이는 Talbot형, Sherman형 Japanese형, General형의 4가지 공식으로 산정하였다⁷⁹⁾.

$$\text{Talbot 형} : I = \frac{a}{t+b} \quad (2.1)$$

$$\text{Sherman 형} : I = \frac{a}{t^n} \quad (2.2)$$

$$\text{Japanese 형} : I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad (2.3)$$

$$\text{General 형} : I = \frac{a}{t^n + b} \quad (2.4)$$

여기서, I : 강우강도 (mm/hr), t : 강우지속시간 (분), a, b, n : 상수
본 논문에서 강우빈도해석시 사용한 기본자료인 연최대강우는 지속기간이 10분에서 24시간으로서, 지속기간의 범위가 상당히 크기 때문에 전 지속시간에 대해 하나의 식으로 표현할 경우 발생할 수 있는 오차가 클 수 있으므로 적용 강우강도식을 단시간, 장시간으로 구분하여 유도하였다.

2.2.1 단시간 확률강우강도식

편차, 상관계수 및 중시간 확률강우강도식과의 상관성 등을 검토한 결과, 부산기상관측소 확률강우강도식은 단시간의 경우 적용 재현기간 모두에서 Serman형($I = \frac{a}{t^n}$)으로 나타났으며, 모형별 단시간 유도된 확률강우강

도식의 계수는 표 4에 나타내었다.

표 4 단시간 확률강우강도식 계수

재현기간 (년)	a	n
2	211.1387	0.4058
5	282.4673	0.3885
10	326.9611	0.3792
20	374.5209	0.3761
30	398.1916	0.3721
50	431.7783	0.3704
80	463.0474	0.3693
100	474.7767	0.3671
200	523.7251	0.3688

2.2.2 장시간 확률강우강도식

편차, 상관계수 및 중시간 확률강우강도식과의 상관성 등을 검토한 결과, 부산기상관측소의 확률강우강도식은 장시간의 경우 적용 재현기간 모두에서 General형으로 나타났으며, 모형별 장시간 유도된 확률강우강도식의 계수는 표 5에 나타내었다. 그리고 단·장시간 확률강우강도식을 함께 표시한 I-D-F 관계도는 그림 6과 같다.

표 5 장시간 확률강우강도식 계수

재현기간 (년)	a	n
2	495.4801	0.6011
5	686.3261	0.5967
10	815.0865	0.5954
20	937.6238	0.5944
30	1008.2186	0.5939
50	1096.3110	0.5933
80	1177.2473	0.5930
100	1216.1051	0.5929
200	1315.6987	0.5903

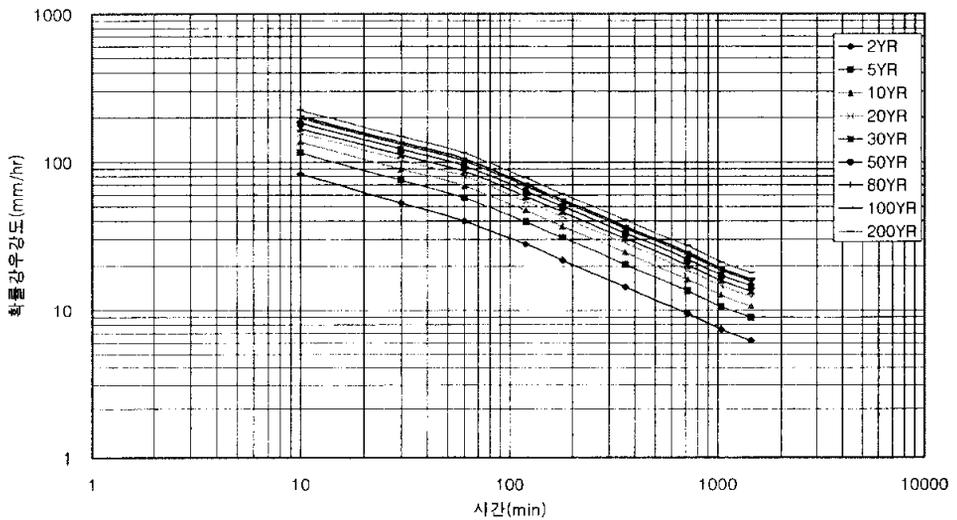


그림 6 부산지방 I-D-F 곡선

2.3 GIS를 이용한 유출모형의 분석 및 선정

2.3.1 GIS와 수문학과와의 연계

1972년 수자원학회지를 통하여 국내 최초로 수문학 분야에서 컴퓨터의 활용이 소개되면서 GIS와 수문학은 자연스럽게 연계되었다. 이후 1981년에는 인공위성영상을 활용함으로써 범위가 넓어졌으며, 1994년 지형공간정보체계분야가 소개되었다. 한편 해외에서는 1993년 수문지형공간정보체계 논문발표회에서 수치지형학, 수질관리, 지하수관리 등의 활용에 관한 논문들이 발표되었다. 1990년 후반에는 GIS를 이용하여 수공학 분야와 관련하여 분석들이 이루어졌다.

이처럼 GIS는 수공학 분야에서 많이 활용되고 있으며 그 중에서 수문모형에 많이 응용되고 있다. 수문모형에서는 공간자료를 중첩 및 분석할 수 있어서 수문모형에 대한 입력 매개변수를 구할 수 있으며, 수문모형과 다른 공간적인 표현들을 연계할 수 있다. 그리고 수문학적 변수의 도식화와 유역지표의 표현 등으로 GIS와 수문학적 분석과 통합할 수 있다. 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 있으므로 GIS와 수문학의 연계는 향후 계속되는 발전성이 있다고 전망된다.

2.3.2 연구대상유역

본 연구대상유역은 수영강유역으로서 부산광역시의 대표 하천으로서 경상남도 양산시와 접하고 있다. 유역면적은 199.57km²이고, 유로연장은 28.0km에 달하는 부산 제1의 지방2급 하천이다. 또한 유역은 상류와 하류로 크게 구분할 수 있으며, 상류유역에는 상수도 전용댐인 회동댐이 있다.

하류유역은 도시하천으로 바다를 접하고 있는 감조하천이 있으며 회동댐 상류유역은 수영강 전체유역의 약 50%에 달하고 있다. 그리고 하류유

역에는 크고 작은 교량이 9개소 이상이 있다. 본 유역이 토지이용현황은 임야가 59.1%, 농경지가 12.9%, 수계가 1.9%, 초지가 1.0%, 도시지역이 25.1%로 이루어져 있다⁷¹⁾.

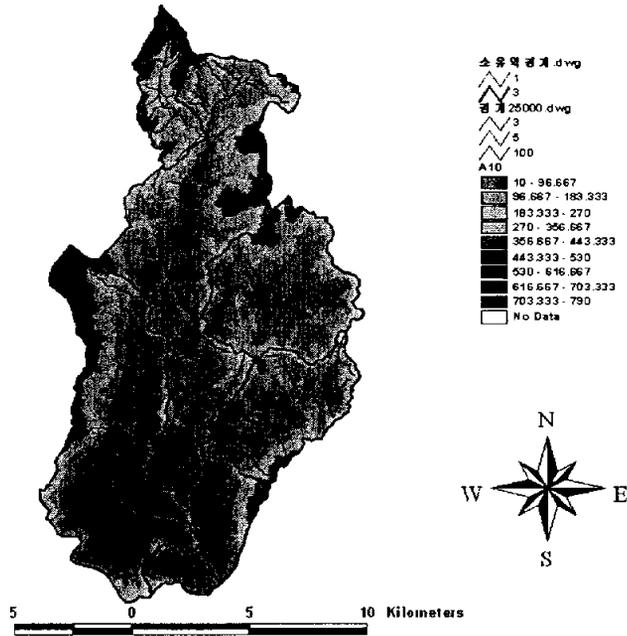


그림 7 수영강 유역도

2.3.3 GRID에 의한 곡선번호(curve number, CN)

유출량을 산정하기 위하여 그림 8과 같이 유역을 분할하였다. 수영강 상류부터 SY-0, SY-1, SY-2, HD(회동댐), SY-3, SY-5으로 분할 하였으며, SY-0 유역은 법기천 유역(BK)을 포함하고 있다. 그리고 철마천 유역(CM), 석대천 유역(SD), 온천천 유역(OC)으로 총 11개의 유역으로 분할 하였다. 분할된 각각의 유역에 대한 홍수량을 산정하기 위하여 토지이용도 및 토양도와 중첩하여 CN을 산정할 수 있었다.

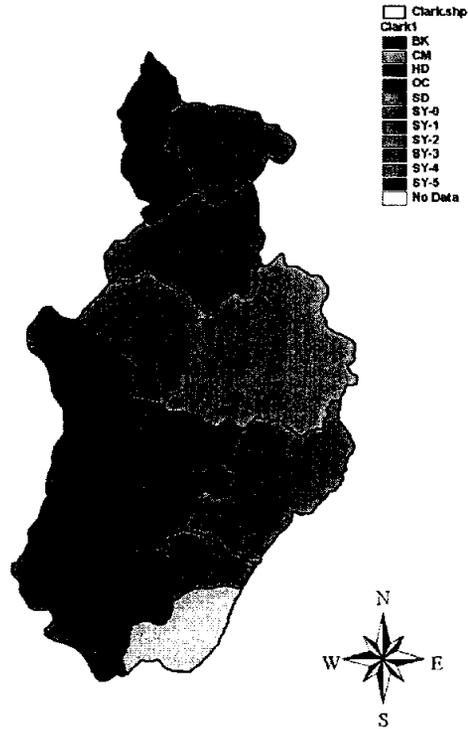


그림 8 수영강 유역의 분할

본 연구 대상유역인 수영강 유역의 토지이용도 및 토양도에 대하여 수치지도를 작성하고, 이를 Arc/Info를 이용하여 shp-file로 변환한 후 속성 데이터를 입력하였다. 토지이용현황은 수계(10), 산지(30), 농경지(40), 주거지(60)의 4가지로 분류하였으며, 각각 1.9%, 60.1%, 12.9%, 25.1%를 차지하고 있다. 토양도는 A(1), B(3), C(2), D(4) type의 4가지로 분류하였다.

토지이용도와 토양도에 대하여 분류된 항목에 code를 부여하였다. 부여된 code의 값에 의해 grid로 변환하여 토지이용도와 토양도를 ArcView에서 Map Calculator를 수행하였다. 이렇게 산출된 결과와 11개의 유역에 대하여 같은 방법으로 Map Calculator를 수행하여 최종 CN을 산정하였다.

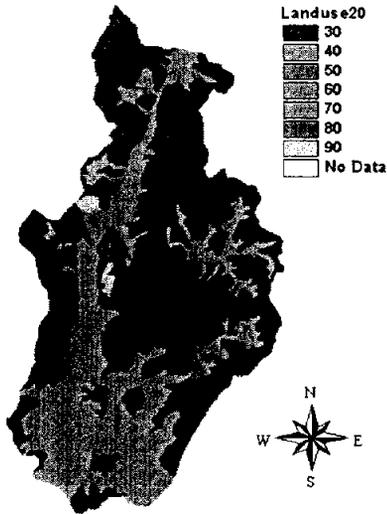


그림 9 수영강 토지이용도

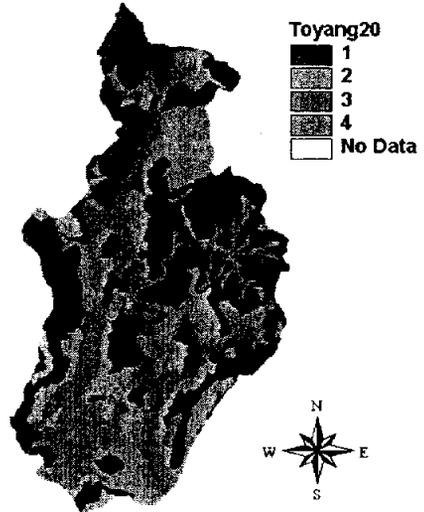


그림 10 수영강 토양도

표 6 토지이용도와 토양도의 code 분류

토지이용도		토양도		Number	CN
구 분	Code	구 분	Code		
수 계	10	-	0	10	100
산지, 밭	30	M(A Type)	1	31	36
	30	R(C Type)	2	32	73
	30	A(B Type)	3	33	60
	30	F(D Type)	4	34	79
농경지	40	M(A Type)	1	41	67
	40	R(C Type)	2	42	85
	40	A(B Type)	3	43	78
	40	F(D Type)	4	44	89
도시지역 및 주거지	60	M(A Type)	1	61	77
	60	R(C Type)	2	62	90
	60	A(B Type)	3	63	85
	60	F(D Type)	4	64	92

CN을 산정하기 위해서 각각에 대하여 표 6과 같이 code를 부여하였다. 토지이용도는 수계, 산지, 농경지, 주거지에 대하여 각각 10, 30, 40, 60의 값으로 분류하였고, 토양도는 M(A Type), R(C Type), A(B Type), F(D Type)에 대하여 각각 1, 2, 3, 4의 값으로 분류하였다. 표 6의 code에 의하여 토지이용도와 토양도에 대하여 Map Calculator를 수행한 결과 그림 11과 같이 산정할 수 있었다. 격자크기는 10m×10m부터 1000m×1000m까지 수행하였는데, 그 중 격자크기 100m×100m에 대한 결과를 보여주고 있다.

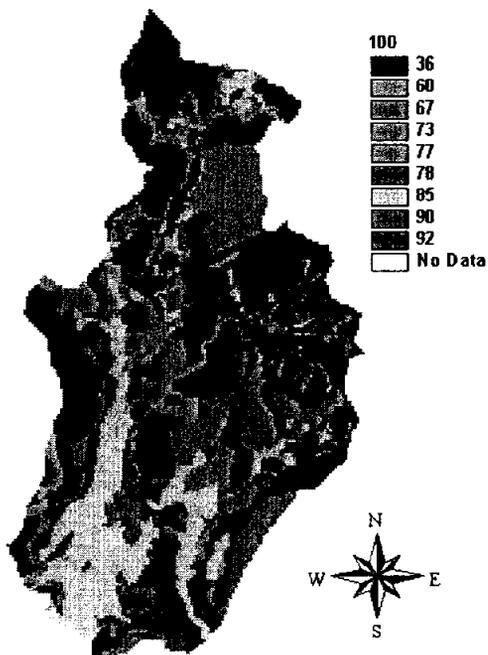


그림 11 수영장 구역의 CN(100m×100m)

CN은 유역의 수문학적 토양형, 토지이용과 처리상태 및 선행토양함수 조건의 함수이며, 한 유역의 유출능력을 나타내는 무차원수이다. 유역특성으로 CN을 구하는 경우 토양형과 토지이용을 고려하여 침투능의 서술적인 지수로서 토양을 표 7에서 보는바와 같이 A, B, C, D의 4개의 수문학적 토양군(hydrologic soil group)으로 분류하였다⁸⁰⁾.

표 7 수문학적 토양군

토양군	토양성질
A	낮은 유출률(lowest runoff potential)
B	비교적 낮은 유출률(moderately low runoff potential)
C	비교적 높은 유출률(moderately high runoff potential)
D	높은 유출률(highest runoff potential)

또한 CN은 토양의 수분상태에 따라서 조정할 필요가 있다. 그래서 강우이전 토양의 수분상태에 따라 선행함수조건(antecedent moisture condition, AMC)을 설정하였다. 본 연구에서도 평균수분상태인 AMC-II 조건에 의하여 CN을 산정한 후, 다음 식에 의하여 습윤상태(AMC-III)에 대하여 CN을 수정하여 결정하였다.

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

수영강 유역의 분할된 11개 유역을 대상으로 격자별(10m×10m~1000m×1000m)에 대하여 CN을 산정한 결과를 표 8에서 보여주고 있다.

표 8 CN의 산정(AMC-III)

격자 크기 (m)	유역적	SY-0	SY-1	SY-2	HD	SY-3	SY-4	SY-5	BK	CH	SD	OC
		13.5	19.5	15.5	7.9	7.6	6.5	9.5	11.1	32.9	21.9	53.1
10		73.13	77.56	76.47	73.12	85.07	85.03	89.72	62.60	66.83	75.91	83.04
20		73.12	77.54	76.51	73.13	85.05	85.07	89.70	62.59	66.82	75.93	82.95
30		73.11	77.56	76.51	73.10	85.06	85.07	89.72	62.57	66.83	75.91	82.94
40		73.09	77.51	76.51	73.13	85.08	85.05	89.68	62.64	66.82	75.79	82.97
50		73.17	77.58	76.41	73.12	85.06	84.97	89.78	62.72	66.83	75.92	83.03
60		73.14	77.55	76.58	73.12	85.02	85.08	89.63	62.57	66.83	75.90	82.95
70		73.27	77.57	76.53	73.00	85.20	85.11	89.74	62.64	66.85	75.91	82.98
80		73.20	77.52	76.35	73.20	84.99	84.84	89.65	62.59	66.91	75.84	83.06
90		73.07	77.63	76.65	73.05	85.05	85.16	89.64	62.50	66.77	76.06	82.93
100		73.14	77.59	76.65	73.38	84.99	85.46	89.78	62.64	66.82	76.05	82.96
200		72.97	77.71	76.37	73.08	84.99	84.83	89.96	62.86	66.83	75.78	83.17
300		73.12	78.18	75.15	72.78	84.94	84.99	89.85	62.62	67.15	75.68	83.27
400		73.21	78.46	76.78	72.75	85.09	86.27	90.01	62.31	66.46	75.07	82.98
500		72.52	77.77	75.49	70.31	84.49	85.78	90.18	61.21	68.25	75.22	83.89
600		72.97	76.19	76.22	72.87	87.81	82.84	88.62	62.36	67.83	75.35	83.75
700		70.71	80.31	76.75	69.99	83.84	80.85	91.57	65.71	64.08	75.90	84.60
800		76.37	77.55	74.47	72.37	83.37	82.43	90.24	64.58	66.78	79.57	81.72
900		77.38	75.10	74.50	75.07	84.36	81.99	87.70	65.43	66.23	75.05	83.14
1000		72.46	79.03	77.72	68.15	83.90	83.44	87.14	61.84	66.63	80.61	81.38

CN을 격자크기에 따라 11개의 유역에 대하여 그림 12와 같이 나타냈다. 그림에서 볼 수 있듯이 격자크기가 100m×100m까지는 일정한 값을 나타내다가 그 이상이 되면서부터 CN의 변화 폭이 커짐을 알 수 있었다. 이는 평균경사도⁷¹⁾의 변화와 같은 양상을 보였으며 CN을 산정할 경우에도 격자크기를 100m×100m로 하여 산정하면 효과적이라 할 수 있다. 만약 10m×10m로 격자를 생성하게 되면 같은 유역에 대하여 격자의 개수가 많아짐으로 수행하는 시간이 많이 소요된다. 따라서 이러한 연구를 통하여 수문인자를 추출하는데 격자의 크기를 미리 고려한다면, 향후 수문인자를 결정하는데 큰 도움을 줄 수 있다고 본다.

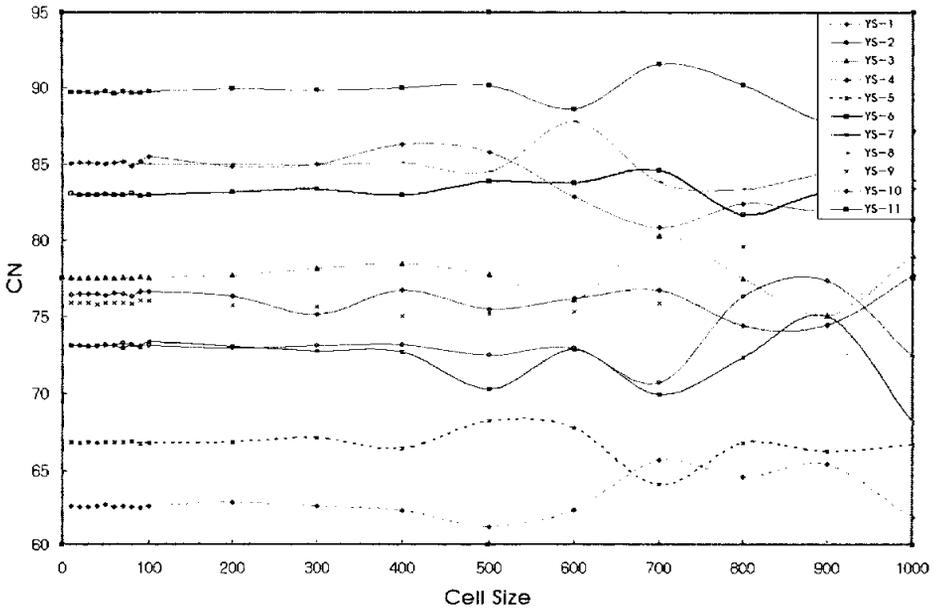


그림 12 격자크기에 따른 CN의 변화 (AMC-III)

2.3.4 유출모형의 적용 및 선정

본 연구에서의 홍수량의 산정은 평시유출량을 산정할 수 있는 장기유출해석과 첨두홍수량 및 수문곡선을 산정할 수 있는 단기유출해석이 있다.

단기유출해석의 경우 합리식이나 Kajiyama 공식과 같은 첨두홍수량만을 산정하는 방법과 합성단위유량도법이 있다. 본 연구에서는 대상유역내의 하도내의 저류효과를 고려하고, 상류와 하류를 잇고 있는 회동저수지의 저수지 추적을 통하여 보다 합리적인 홍수량 산정을 위해 단순히 첨두홍수량만을 산정하는 합리식이나 Kajiyama 공식과 같은 방법은 피하고, 본 대상유역내에 수위-유량관계의 실측자료가 전무한 점을 감안하여 유출수문곡선을 산정할 수 있는 합성단위유량도인 Clark유역추적법, Nakayasu단위도법, Nash모형, SCS단위도법 등을 이용하여 산정하였다⁸¹⁾.

빈도별 홍수량은 그림 13과 같이 7개의 산정지점별로 계산하여 표 9와 같이 산정할 수 있었다. 그리고 빈도별 홍수량은 모두 상기에서 서술한 배수구역별 홍수량 산정방법 및 저수지 홍수추적, 하도추적법을 모두 적용한 결과이며, 본 연구에서는 유역의 지형학적 특성과 강우의 시간분포를 고려할 수 있는 유역추적법인 Clark 단위도법을 선정하였다.

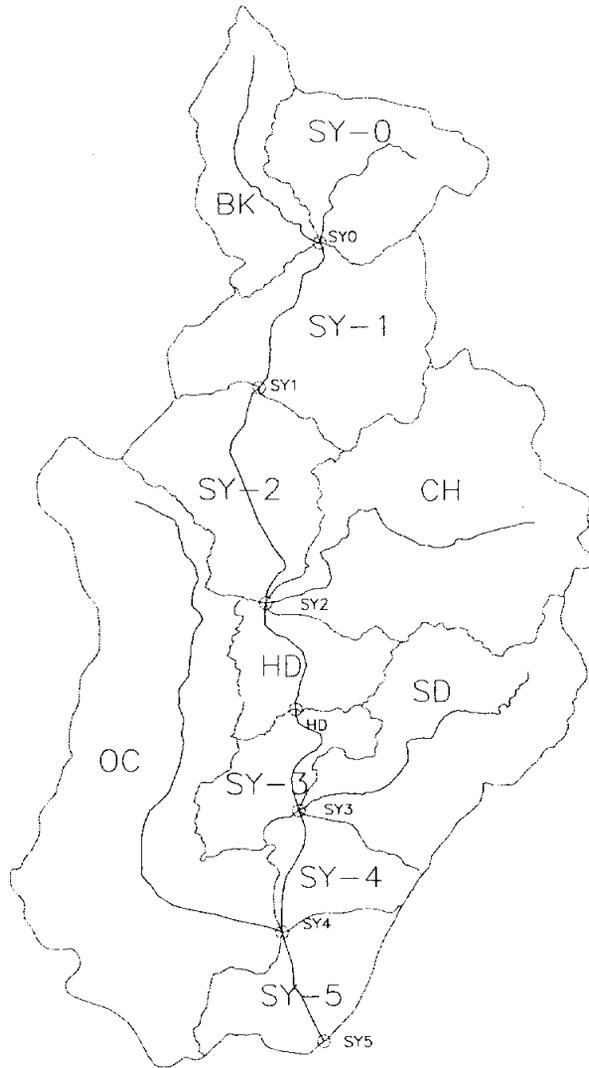


그림 13 대상유역의 산정 지점

표 9 지점별 빈도별 홍수량 산정

산정 지점	유역 면적 km^2	산정 방법	빈도별 홍수량(m^3/s)							
			5년	10년	20년	30년	50년	80년	100년	200년
SY0	24.6	Clark	109.36	136.19	162.16	177.14	195.83	212.93	221.00	246.16
		Nakayasu	122.68	160.96	200.13	223.45	252.62	279.71	292.67	332.76
		Nash	87.08	108.85	130.50	143.02	158.69	173.05	179.83	201.01
		SCS	129.72	162.14	195.90	217.55	244.59	269.64	281.62	318.62
SY1	44.1	Clark	268.08	330.33	390.64	425.39	468.80	508.52	527.27	585.73
		Nakayasu	168.02	218.13	267.08	295.66	331.26	364.18	379.89	428.37
		Nash	250.42	308.84	365.19	397.66	438.23	475.35	492.87	547.51
		SCS	386.93	478.40	566.51	617.24	680.55	738.42	765.73	850.80
SY2	92.5	Clark	293.14	360.62	425.25	462.38	508.87	551.55	571.64	638.89
		Nakayasu	387.60	496.81	602.71	664.32	740.87	811.50	845.16	948.87
		Nash	324.44	399.27	471.41	512.98	564.90	612.40	634.82	704.73
		SCS	446.00	548.30	646.80	703.50	774.27	838.98	869.51	964.66
HD	100.4	Clark	549.32	673.34	793.33	862.45	948.85	1028.15	1065.50	1190.53
		Nakayasu	460.30	585.25	705.99	776.10	863.11	943.30	981.49	1099.09
		Nash	506.26	620.63	730.80	794.25	873.48	945.95	980.16	1086.80
		SCS	694.34	850.01	999.78	1085.98	1193.55	1291.90	1338.31	1482.94
SY3	129.9	Clark	583.29	714.88	841.12	913.82	1004.67	1088.08	1127.36	1258.86
		Nakayasu	811.21	1026.55	1234.16	1354.67	1503.94	1641.49	1707.07	1908.13
		Nash	539.56	660.92	777.81	845.13	929.18	1006.06	1042.34	1155.46
		SCS	680.25	832.31	978.66	1062.91	1168.06	1265.75	1312.13	1456.71
SY4	189.5	Clark	677.83	829.84	975.91	1078.43	1174.21	1283.54	1370.83	1458.78
		Nakayasu	702.66	886.19	1062.89	1165.40	1292.33	1409.25	1464.99	1635.83
		Nash	591.37	722.89	849.48	922.37	1013.36	1096.58	1135.85	1258.27
		SCS	707.90	863.67	1013.59	1100.47	1208.95	1308.46	1355.30	1512.02
SY5	199.0	Clark	987.64	1207.02	1446.46	1650.91	1795.76	1960.27	2090.53	2107.57
		Nakayasu	901.51	1127.22	1343.83	1469.27	1624.42	1767.22	1835.26	2043.70
		Nash	918.67	1117.67	1309.00	1419.11	1556.51	1682.14	1741.42	1926.18
		SCS	1137.38	1387.18	1626.28	1763.54	1934.92	2092.14	2166.15	2413.80

2.4 수리학적 모형의 분석 및 선정

2.4.1 하도 홍수위 분석

하도의 홍수위의 산정 기법은 정류 및 부정류 모형, 그리고 등류 및 부등류 모형으로 크게 대별할 수 있다. 본 연구에서는 미 공병단에서 개발된 정상 부등류 및 부정류 모형인 HEC-RAS^(82),83)를 통하여 수영강 본류의 홍수위 분석을 수행하였다. 이 모형은 교량 및 하천 구조물 등의 홍수위 영향을 고려할 수 있으며, 또한 부족한 하도 구간의 내삽 기능 및 임의의 구조물의 삽입, 세굴의 영향 검토 등의 기능이 하천 수리 검토를 위하여 제공되고 있다.

2.4.2 기점수위의 결정

수위는 하천의 흐름이 상류(subcritical flow)일 때는 하류(downstream)의 영향을 받고 사류(supercritical flow)일 때는 상류(upstream)의 영향을 받는다. 따라서 이러한 흐름에 따라 하류 또는 상류측 전단면의 수위를 초기조건으로 갖게 되며, 이때의 수위를 기점수위라 한다.

본 연구대상유역인 수영강은 회동수원지를 중심으로 상류와 하류로 구분되고 상류하천인 경우에는 부산광역시 상수도본부에서 제공한 수위 및 저류자료를 통하여(그림 14) 기점수위를 결정할 수 있었다. 하류의 경우에는 바다와 인접하고 있는 감조하천으로써 부산항 대조평균만조위와 비교하여 큰 값인 대조평균만조위를 기점홍수위(0.475EL.m)로 선정하였다^{84),85),86)}

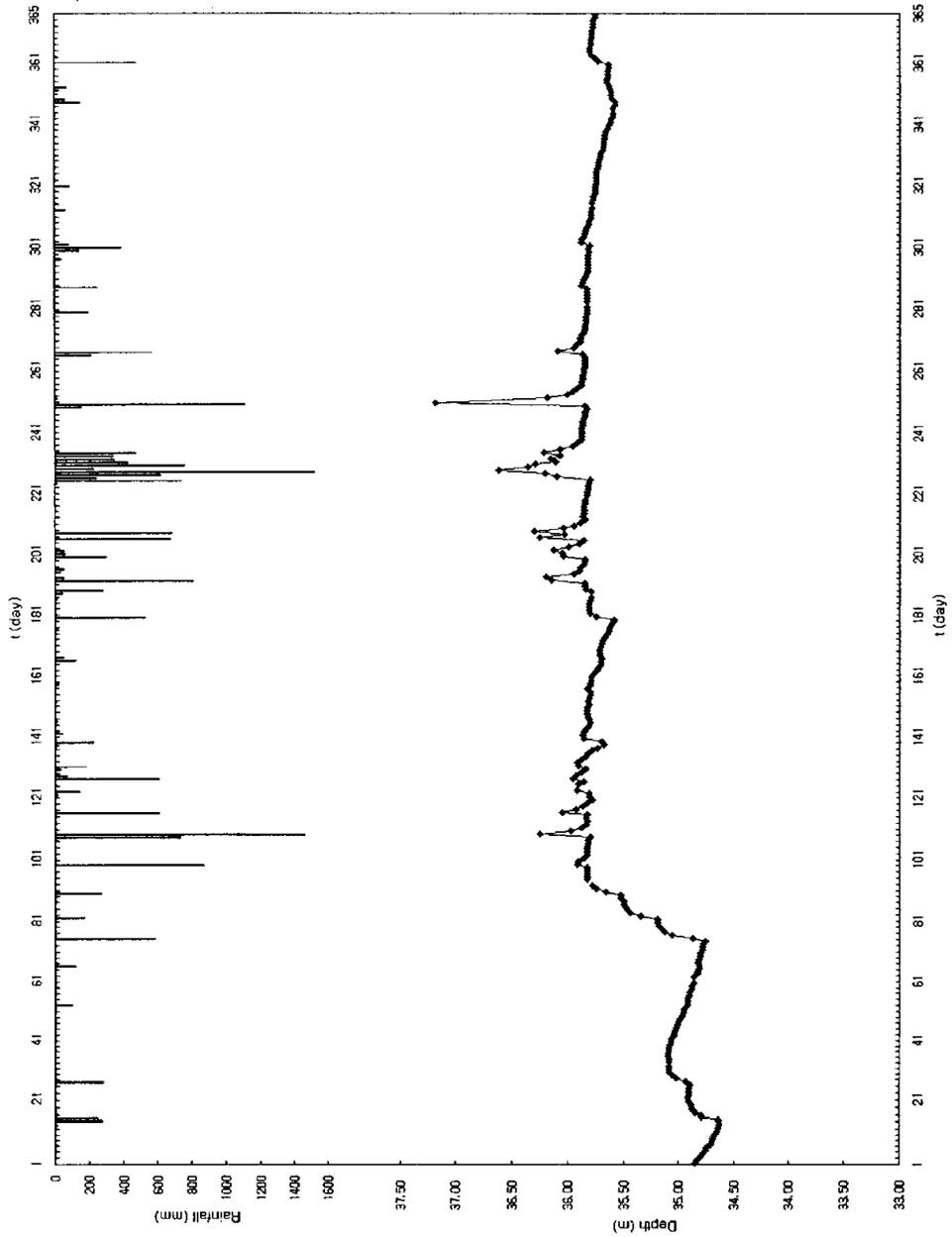


그림 14 수영강 회동댐 상류 홍수위

제 3 장 도시하천관리시스템(RMS) 구축

3.1 RMS(river management system)의 구성도

RMS는 물 순환과정에 의한 수문 및 수리학적 해석을 한 개의 시스템에서 가능하도록 하였다. 즉 강우에 의한 유출을 모의하여 수리학적 모형으로 하천의 홍수위를 계산하고, 이러한 홍수위를 고려하여 침수분석을 수행할 수 있는 일련의 시스템이며 RMS로 명칭하였다.

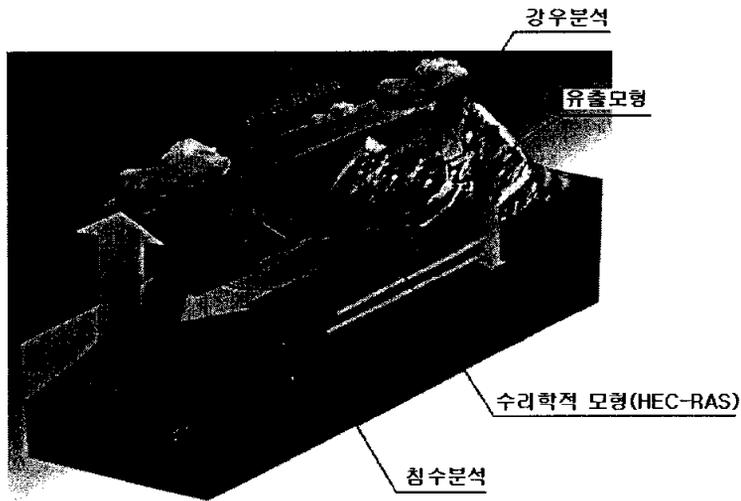


그림 15 물 순환과 시스템 연계

RMS는 메인화면을 중심으로 하천관리시스템, 하천시설물관리시스템, 침수분석시스템으로 구성되어 있다(그림 15).

하천관리시스템은 HEC-RAS와 GIS를 연계하여 지리정보와 하천의 홍수위를 관리할 수 있는 시스템이며 하천시설물관리시스템은 수영강에 설치되어 있는 교량, 웨어 등의 수공구조물의 제원 및 수위의 영향에 대하여 관리할 수 있는 시스템이다. 이러한 시스템들은 GIS와 연계됨으로써 위험

지구 조화를 신속하게 수행할 수 있으므로 하천 및 시설물관리를 하는데 있어서 더욱 효율적으로 할 수 있다. 또한 침수분석시스템을 구축하여 하천주위에 발생하는 침수분석 및 예측을 쉽게 할 수 있도록 하였다. 특히 수치지형도를 가진 어떤 지역의 침수를 예측할 수 있다는 큰 장점은 향후 전국하천에 대하여 통합관리의 가능성을 말해주고 있으며, 인터넷 서비스가 가능하도록 설계되었다.

자연현상을 수치로 표현하는 것은 컴퓨터의 발달과 GIS의 기술로 인하여 이제 어려운 과제만은 아니다. 그러나 참값을 찾기 위하여 많은 연구와 노력이 필요하다. 현재 지형을 표현하는데 가장 많이 사용하고 있는 방법은 불규칙삼각망(TIN)과 수치표고모형(DEM)이라 할 수 있는데^(45),46),47), 본 연구에서는 불규칙삼각망을 이용하여 지형을 표현하였다⁸⁷⁾. 수문모형에 의해 산출된 홍수량을 그 지형 위에 표현하기 위해서는 지형의 체적을 계산하는 것은 중요한 과제이다. 양호한 정확도를 가진 수문모형을 이용하였다 하더라도 지형의 체적을 제대로 구하지 못한다면 그 모형에 의한 침수면적, 침수심, 침수피해범위 등의 산정오차가 추가될 것이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 좀 더 참 값에 가까운 체적의 값을 TIN에서 삼각기둥에 의하여 산정하였다.

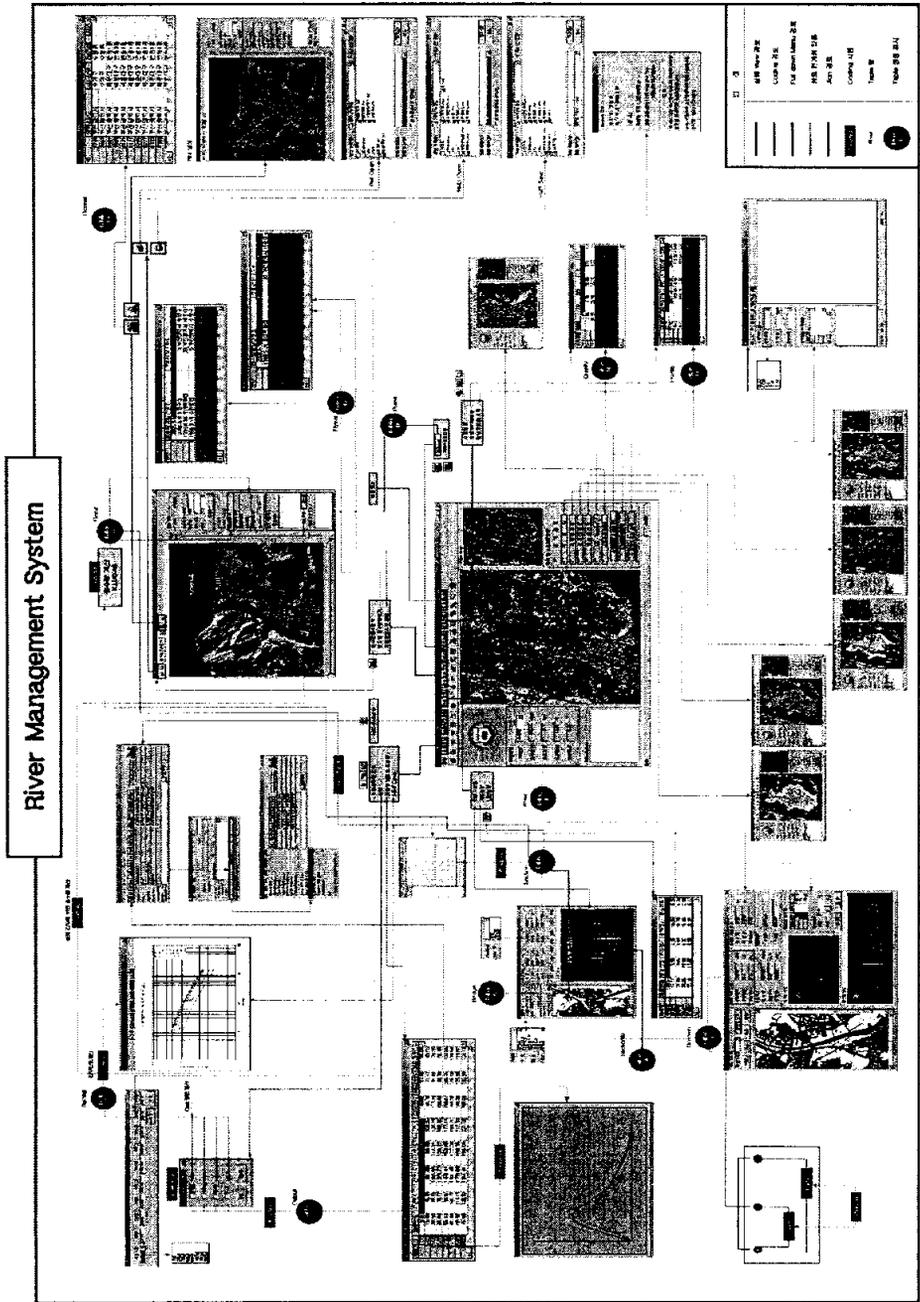


그림 16 River Management System 구성도

RMS은 WindowsNT, Windows98, windowsME, Windows2000에서 운용이 되는 시스템이다. 그러나 OpenGL을 이용한 침수분석시스템을 사용할 경우 그래픽카드의 영향을 받는 단점이 있었다. 그래픽카드를 제작하는 회사마다 서로 다른 각각의 칩을 사용하고 있기 때문이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 시스템은 그 회사들의 평균값을 사용하여 어떤 컴퓨터에서도 그래픽카드의 영향을 축소시켜 실행이 가능하게 구축하였다.

하천관리시스템과 하천시설물관리시스템은 ESRI社의 MapObject와 Map&You社의 DViewer.ocx를 이용하였다. 그리고 침수분석시스템은 OpenGL, DViewer.ocx, 3DViewer.ocx, ObjectARX를 이용하였으며, 침수 위험 건물을 조회하기 위해서는 표고를 가진 건물의 Polygon이 필요하다. 본 연구에서는 Arc/Info를 이용하여 그림 17의 순서에 의하여 건물에 표고를 부여하였다. 또한 각각의 건물에 ObjectARX를 이용하여 ID를 부여하고 속성데이터와 연결을 하였다.

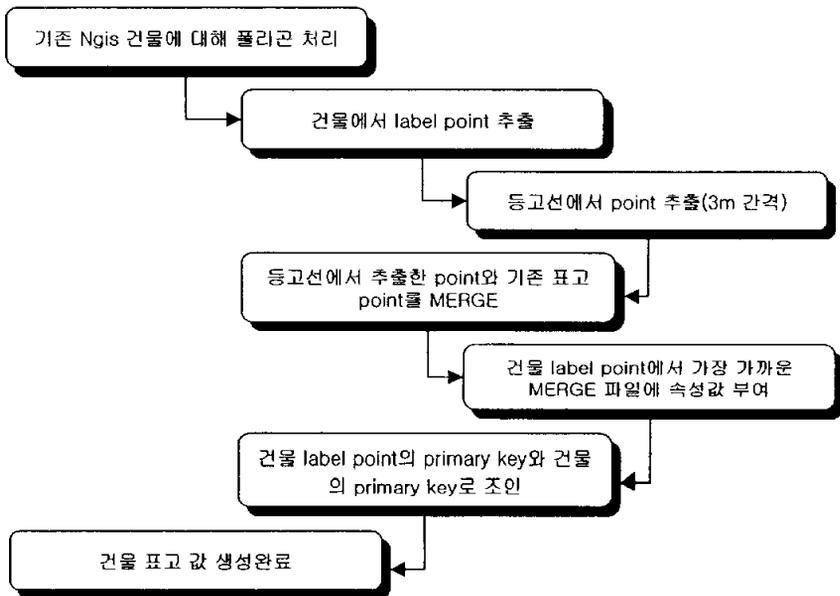


그림 17 건물 polygon 표고 값 부여

RMS의 속성데이터는 MS社의 ACCESS(mdb)에 의하여 저장 및 수정을 하였으며 단일테이블(single table)과 연결테이블(join table)로 구분을 하였다. 단일테이블은 확률강우량입력, 지점별 빈도별 홍수량, 지류정보, 하도특성인자, 년도별침수현황보기, 펌프시설, 수질현황, 오염부하량현황 등의 테이블로 구성되어 있다. 또한 연결테이블은 하천시설물, 단면현황, 침수분석, 침수능력, 지하시설물현황 등의 테이블로 구성되어 있다(그림 18).

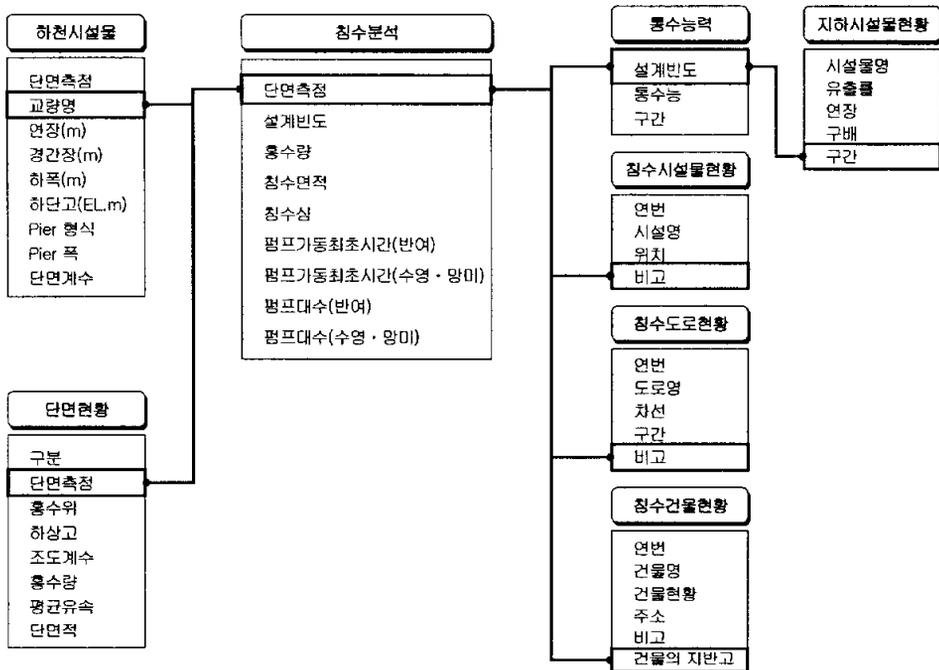


그림 18 데이터베이스 테이블

3.2 Main 화면의 설계 및 기능

3.2.1 Main 화면의 설계

도시하천관리시스템(RMS)의 GUI(graphical user interface)는 그림 19와 같이 메뉴, 버튼, 툴(tool)로 구성되어 있다. 메뉴 바는 풀다운(pulldown)방식을 통해 연산을 수행하며, 버튼 바는 신속한 연산을 수행하기에 적합하다. 그리고 툴바(tool bar)는 마우스를 통한 값의 입력을 필요로 하는 연산을 수행한다. 메인 View에서는 부산광역시 수영강 유역의 배경을 위성사진으로 표현하여 실세계에 접근하였으며, 공간자료를 이용하여 유역의 범위를 수영강 지류별(법기천, 철마천, 석대천, 온천천, 수영본류)로 구분하여 나타내었다. 또한 View를 확대하면 도로, 건물, 하천, 저수지 등의 공간자료를 그림 20과 같이 나타냄으로써 자세한 지형정보를 획득할 수 있도록 하였다. 그리고 공간자료와 연계된 속성자료의 정보는 RMS의 왼쪽 아래 부분에 위치하고 있는 Information box에서 확인할 수 있으며, 오른쪽 위에는 Index Map에서 확대, 축소, 이동을 할 경우 위치를 파악할 수 있도록 하였다.

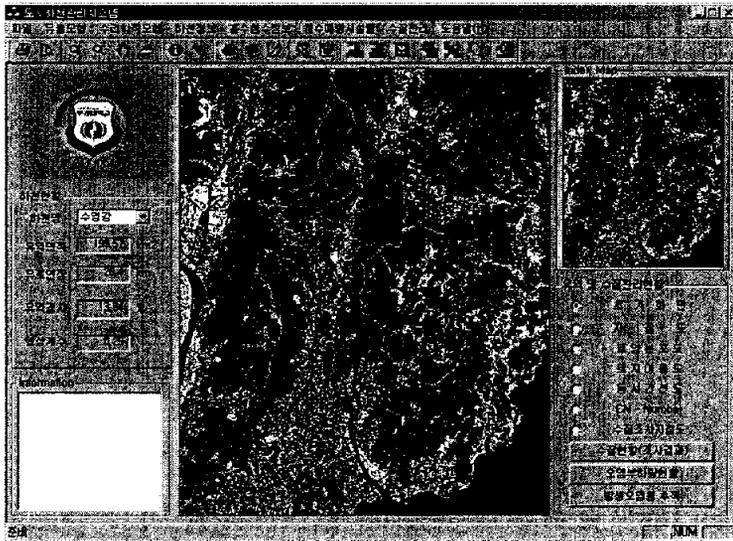


그림 19 도시하천관리시스템 Main 화면

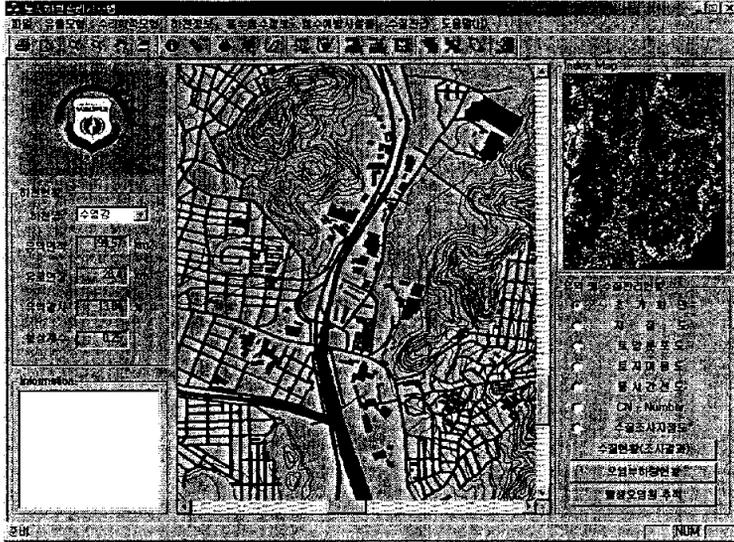


그림 20 Main 화면의 확대

3.2.2 수영장 유역관리

단면현황은 각각의 지류별 유역면적, 유로연장, 유역경사, 형상계수 등의 정보를 관람할 수 있으며 유역 및 수질관리현황에서는 지질도, 토양분포도, 토지이용도, 동시간선도, CN, 수질조사지점도, 수질현황, 오염부하량현황 등에 대하여 공간정보와 속성정보를 동시에 관람할 수 있으므로 유역을 관리하는데 효율적인 방법을 제시하였다. 발생오염원 추적은 향후 과제로 남아있으며, GIS와 연계를 통하여 유역내의 수질을 관리할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

다음 그림 21~26은 지질도, 토양분포도, 토지이용도, 동시간선도, CN, 수질조사지점도 등에 대하여 공간정보와 속성정보를 연결하여 나타내며, 툴 바(tool bar)에서 정보보기 버튼을 누르고 공간정보를 마우스로 선택하게 되면, 선택된 polygon은 5번 감박거리면서 Information창에 속성정보를 보여준다. 이와 같이 공간정보와 연결된 속성정보는 ACCESS의 mdb에 저장된 정보이다.

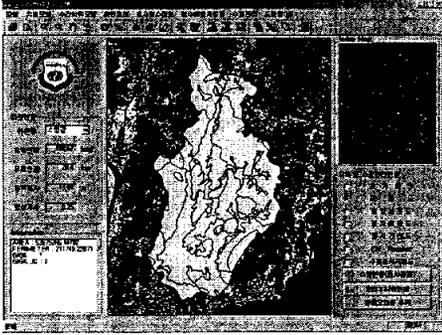


그림 21 수영강 유역의 지질도

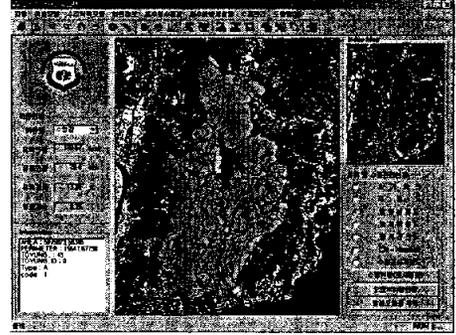


그림 22 수영강 유역의 토양분포도

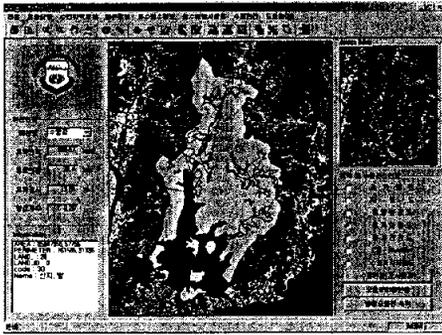


그림 23 수영강 유역의 토지이용도

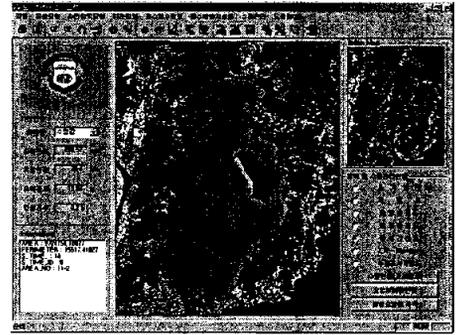


그림 24 수영강 유역의 등시간선도

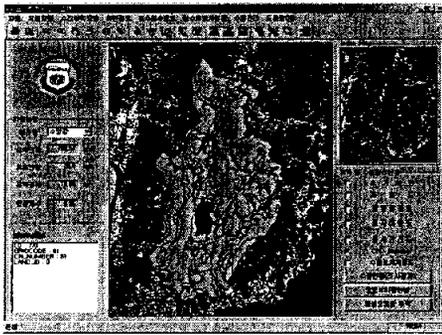


그림 25 수영강 유역의 CN

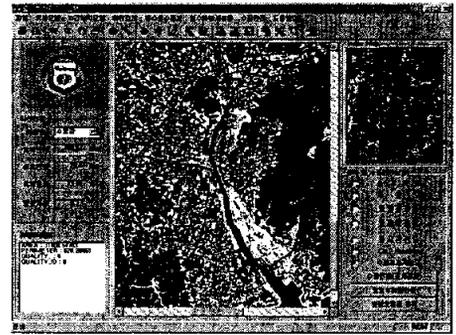


그림 26 수질 측정 지점

3.2.3 메인 View의 메뉴 바와 툴 바

RMS의 메뉴 바(menu bar)는 그림 27과 같이 파일, 유출모형, 수리학적 모형, 하천정보, 홍수침수정보, 침수예방시설물, 수질관리, 도움말로 구성되어 있다.

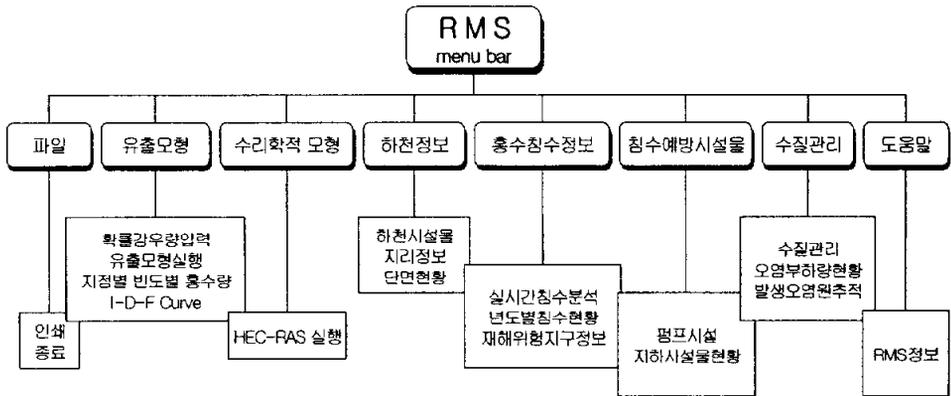


그림 27 RMS의 menu bar

툴 바는 메뉴 바의 기능을 사용하지 않고 마우스로 클릭하여 사용할 수 있으며 표 10에서는 이러한 툴 바의 기능을 설명하였다.

표 10 아이콘의 기능 및 설명

툴 바	기능	설명
	화면 출력	프린트;미리보기
	화면 제어	확대;축소;이동;전체보기;정보보기;길이측정
	수문모형	확률강우량입력;수문모형실행;그래프보기
	수리학적모형	HEC-RAS실행;단면현황
	홍수침수정보	침수분석;펌프시설;하수관거현황
	수질관리	수질현황;오염부하량현황;발생오염원추적
	시스템 종료	닫기

3.2.4 발생오염원 추적시스템

수질모형과 GIS를 연계하여 수질측정치에 따라 발생 오염원을 추적함으로써 하천 오염의 원인을 규명할 수 있도록 하는 것이 본 시스템의 목적이다. 하천관리를 하는데 있어서 수질관리까지 수행한다면 RMS의 효율성이 높아질 것으로 생각한다. 그러나 본 연구대상유역에는 하천기본계획을 위한 실측치 자료만이 존재하고 수위, 유량 또한 실측치의 자료가 아주 부족하다. 단, 회동댐에서는 일(day)단위로 수위와 저류량을 측정하고 있는 실정이다. 따라서 수영강은 더욱 더 관리가 필요하고 RMS를 적용함에 있어서 실측을 하여야 하고, 그 자료를 RMS로 관리한다면 아주 효율적인 하천관리가 될 수 있다고 사료된다. 이에 따라 발생오염원 추적시스템은 향후과제로 남게 되어 간단하게 소개만 한다.

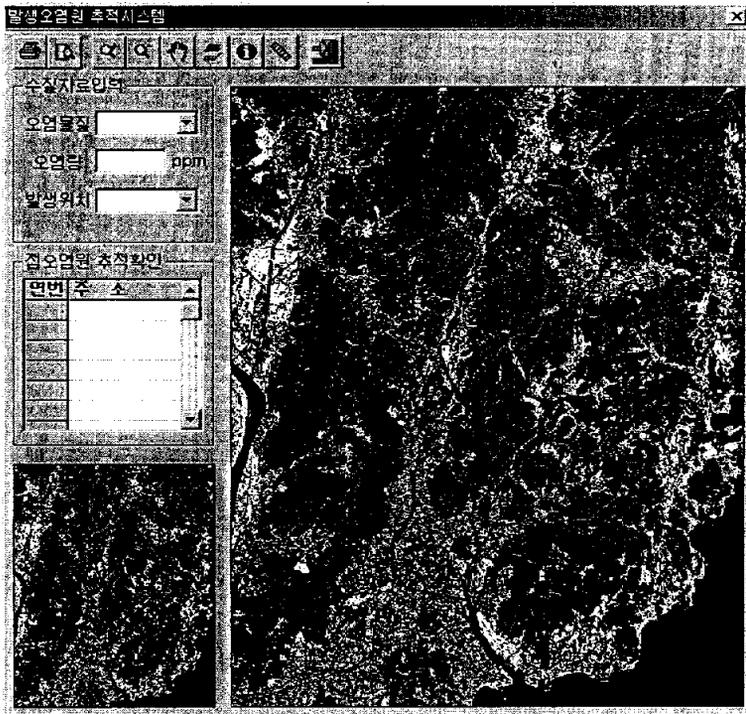


그림 28 수영강 유역의 오염원 추적 시스템

3.3 강우-유출모형과 시스템 연계

3.3.1 강우-유출모형과 시스템 연계

강우-유출모형 중 본 연구에서는 Clark유역추적법, Nakayasu단위도법, Nash모형, SCS단위도법 등에 대하여 Fortran언어에 의하여 프로그램을 작성하여 확률강우량에 대한 홍수량을 산정하였다. 구축된 각각의 모형에 대한 프로그램은 하천관리시스템과 연계하기 위하여 실행파일(*.exe)을 Visual C++로 coding하여 RMS에서 직접 연산을 수행하여 해당되는 값을 계산할 수 있도록 하였고(그림 29), 또 그 결과에 대한 값을 그래프로 비교함으로써 효율적인 분석을 할 수 있도록 하였다.

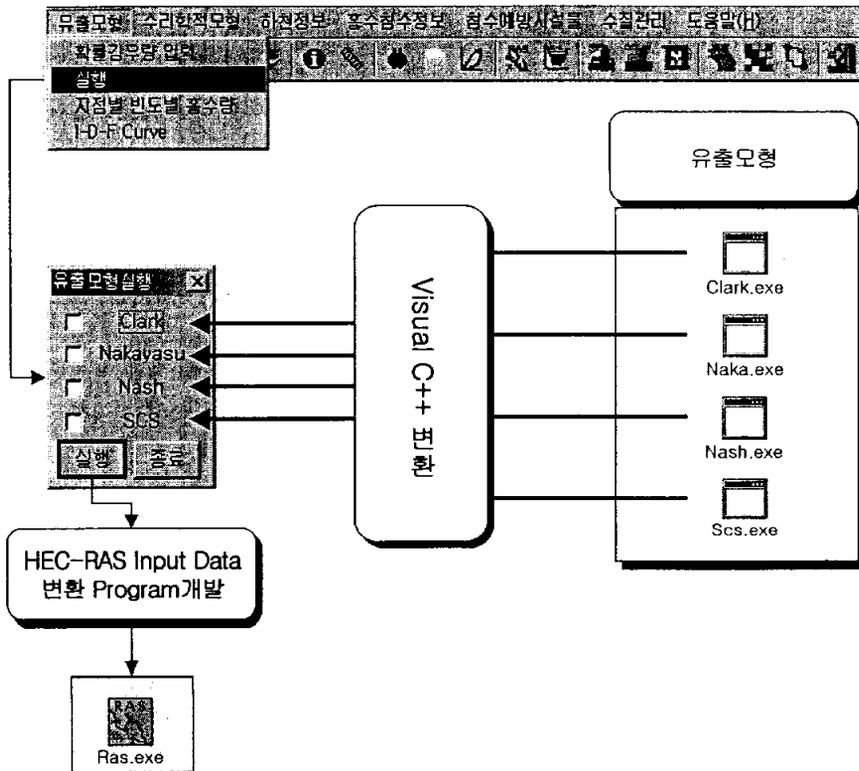


그림 29 강우-유출모형과 RMS의 연계

3.3.2 확률강우량의 입력 및 모형의 실행

확률강우량의 입력은 그림 30에서 보는바와 같이 확률강우량 입력 화면을 만들어 입력할 수 있도록 하여 시스템 사용자의 편의를 고려하였고, 강우량을 수정 및 입력을 가능하게 함으로써 여러 가지의 호우사상에 대해서도 분석이 이루어 질 수 있도록 시스템을 구축하였다.

재현기간은 2, 5, 10, 20, 30, 50, 80, 100, 150, 200년을 고정 값으로 두었으며 지속시간은 사용자에게 따라 입력을 하여 수정 및 저장을 할 수 있도록 하였다.

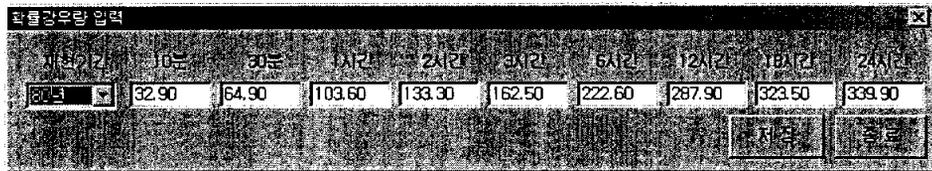


그림 30 확률강우량 입력 화면

3.3.3 유출모형의 실행

확률강우량 입력창에서 입력된 데이터는 각각의 유출모형의 입력데이터(*.dat)로 생성되어 그림 31에서 유출모형을 선택하여 실행 단추를 누르게 되면, 선택된 모형에 의해서 유출모의가 된다. 여기서 산출된 홍수량은 시스템에서 자동으로 HEC-RAS 입력데이터를 생성하게 된다.

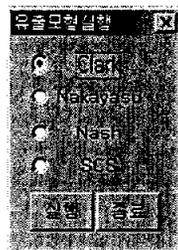


그림 31 유출모형의 실행

3.4 HEC-RAS 연계 프로그램 개발

전(前) 절에서 언급한 Clark유역추적법, Nakayasu단위도법, Nash모형, SCS단위도법 등의 유출모형을 이용하여 수영강유역에 대한 홍수량을 산정하여 비교한 후, 유역의 지형학적 특성과 강우의 시간분포를 고려할 수 있는 Clark유역추적법으로 선정하였다. 위와 같이 선정된 Clark유역추적법에 대한 전산 프로그램을 Fortran으로 구축한 후 시스템과 연계하기 위하여 Visual C++로 HEC-RAS 입력데이터를 자동으로 생성할 수 있도록 하였다.

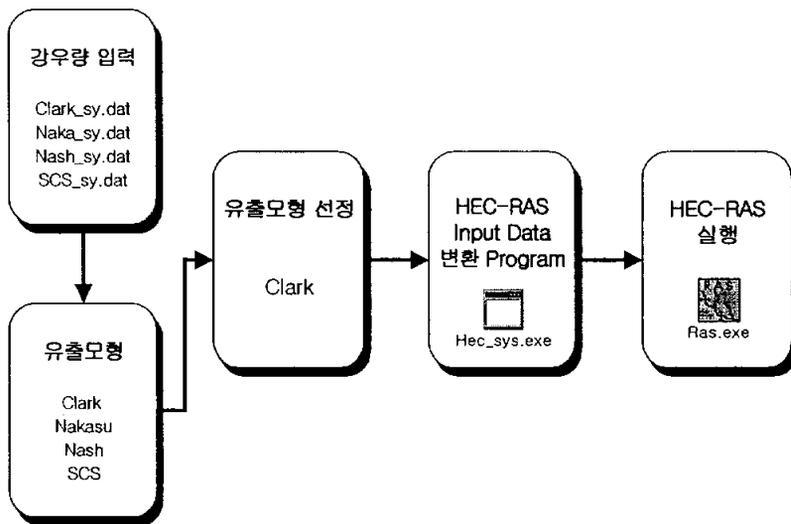


그림 32 HEC-RAS 연계 프로그램 개발

본 연구에서 구축된 HEC-RAS 연계 프로그램은 하천관리시스템과 연계시키기 위하여 Visual C++로 변환하여 강우-유출모형과 수리학적 모형을 통합시켰다.

HEC-RAS 연계 프로그램은 먼저 Clark모형의 입력데이터(Clark_sy.dat)를 읽어 유출모형을 실행시킨 후 빈도별 지속시간별 홍수량을 산출한다. 산출된

홍수량은 HEC-RAS 입력데이터 생성 프로그램(HEC_SYS.exe)에 의하여 입력데이터(sy.f02)를 만든 다음 HEC-RAS를 실행하게 되면 입력된 강우량에 대한 홍수위를 산정할 수 있다(그림 33).

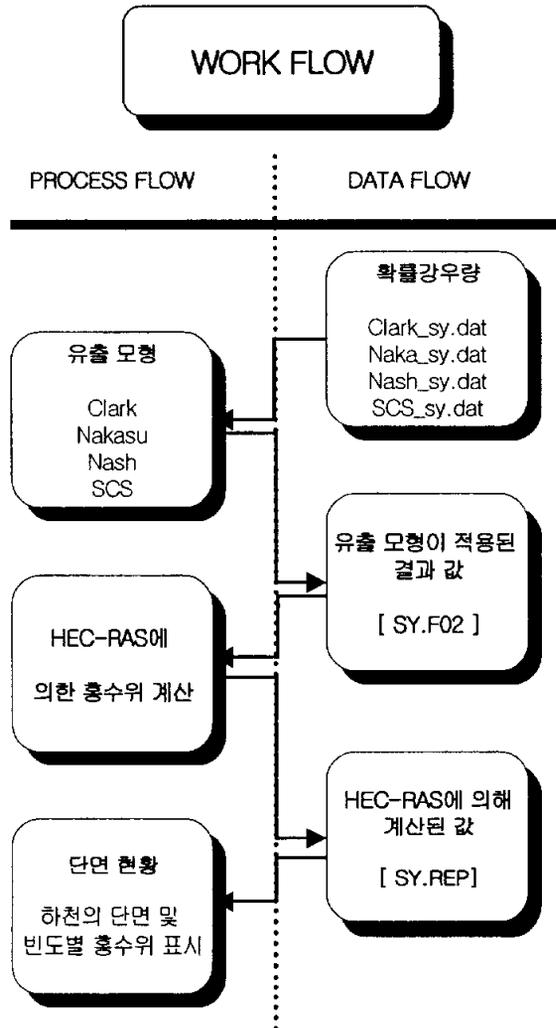


그림 33 HEC-RAS 연계 프로그램 흐름도

3.5 GIS와 연계한 하천관리시스템 구축

하천관리시스템은 크게 지형자료, 하천단면, 하천시설물로 구분하였다. 지형자료는 위치정보와 하천 주위의 중요한 건물 및 기타 시설물 현황에 대한 정보를 제공하여 하천의 수위의 변화에 민감한 지역을 조회하기 쉽게 하였다. 이처럼 GIS와 연계함으로써 하천의 효율적인 관리에 대한 장점을 제공할 수 있다고 본다.

하천관리시스템은 ESRI社의 MapObject와 Map&You社의 DViewer.ocx를 이용하여 지형자료와 단면자료에 대한 수위의 변화 및 정보를 보여준다. 특히 평면도, 단면도, 종단도를 동시에 나타냄으로써 하천관리를 하는데 편리함을 제공하고 있다. 또한 하천 시설물에 대한 정보는 시설물관리시스템을 구축하여 별도로 관리가 가능하도록 하였다. 시설물관리시스템에서는 교량(bridge) 및 웨어(weir) 부근에 수위의 변화를 확인할 수 있으며 지리정보를 통하여 하천시설물 주위의 피해를 예상할 수 있다.

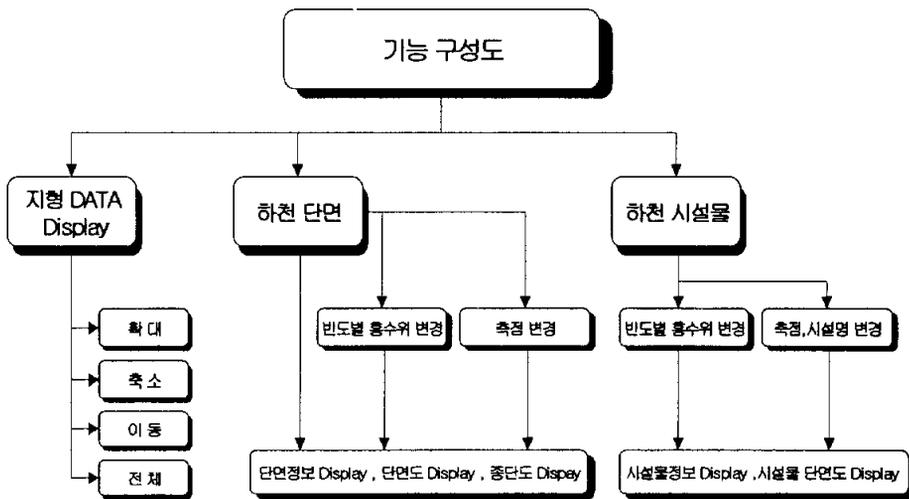


그림 34 기능구성도

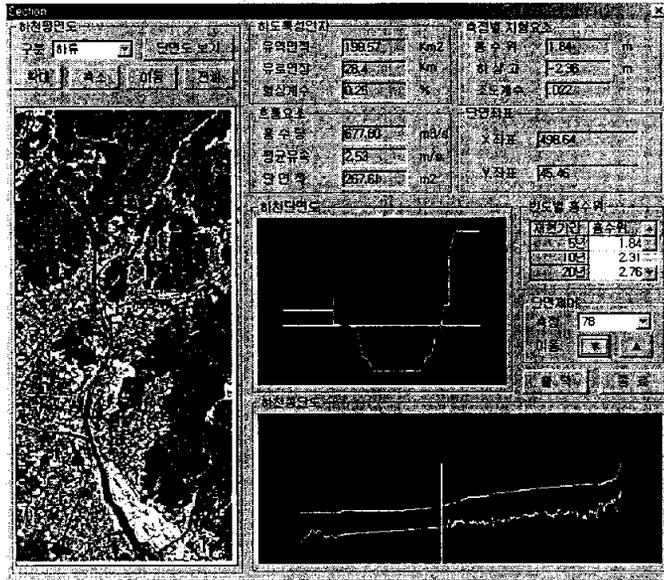


그림 35 하천관리시스템의 화면

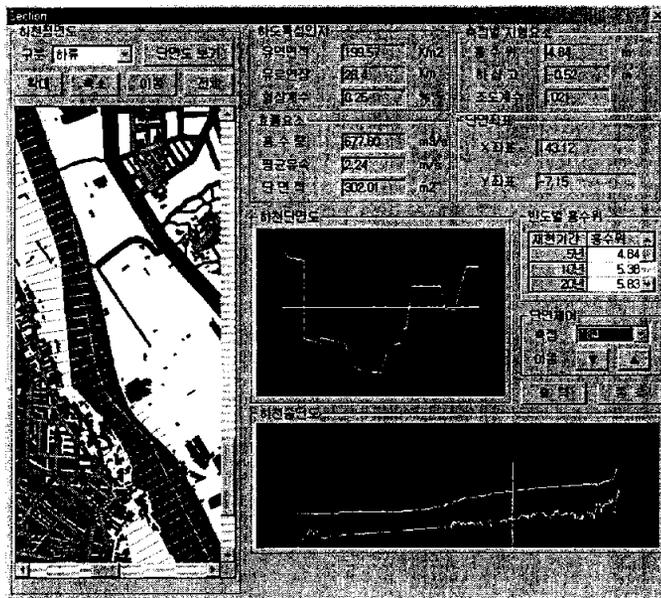


그림 36 지리정보시스템(GIS)과 단면도 현황

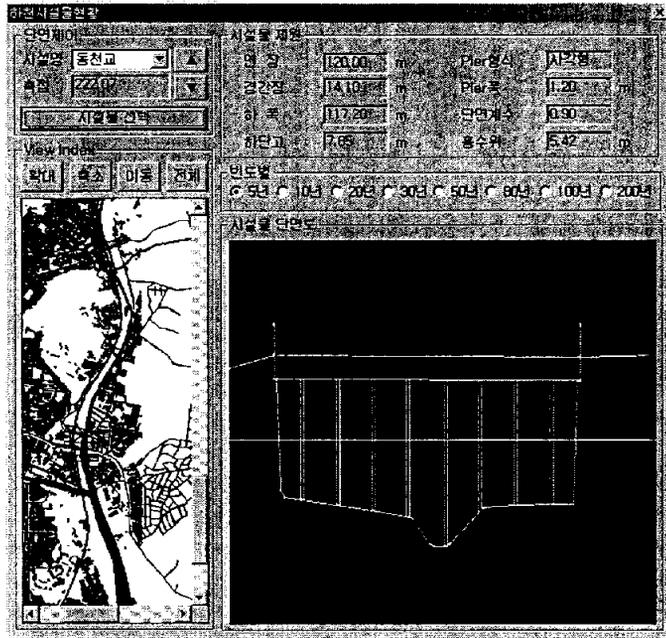


그림 37 하천시설물관리시스템 화면

하천관리시스템의 특징은 지리정보에 의해서 단면의 자료를 불러올 수 있다는 것이다. 다시 말해서 하천을 따라서 마우스를 움직이면 화면상의 마우스 위치와 공간자료가 접하게 됨으로써 공간정보가 가지고 있는 단면 번호에 대한 정보를 DViewer에 의해서 나타낸다. 따라서 단면축점을 찾아서 이동할 필요가 전혀 없이 지도를 따라 마우스를 움직이기만 하면 된다는 장점이 있다. 이에 따라 수위에 대한 정보를 보다 더 빨리 획득할 수 있었으며 무엇보다도 사용자가 원하는 위치의 정보를 얻을 수 있어서 효율성이 높은 시스템이라 할 수 있다.

3.6 침수분석시스템 구축

3.6.1 침수분석시스템의 구축 과정

침수분석시스템은 델러니 삼각망⁸⁷⁾에 의하여 불규칙삼각망을 구축한 후 삼각기둥에 의하여 체적을 산정하였으며, 이로 인하여 수위의 변화에 따른 체적 산정시 오차를 줄일 수 있었다. 이때 홍수량은 도시유출모형인 ILLUDAS모형을 이용하였으며 홍수량에 따른 침수심은 2분법(bisection method)에 의하여 결정하였다.

계산된 수위에 의하여 침수면적, 침수체적, 침수심의 정보를 얻을 수 있었으며, 침수건물을 조회하여 grid table로 그 정보를 볼 수 있다. 건물은 Arc/Info에 의하여 지형의 높이에 따라 높이 값을 부여받고 주소와 연결하기 위하여 ObjectARX에 의해서 건물 메타데이터에 ID를 부여하였다.

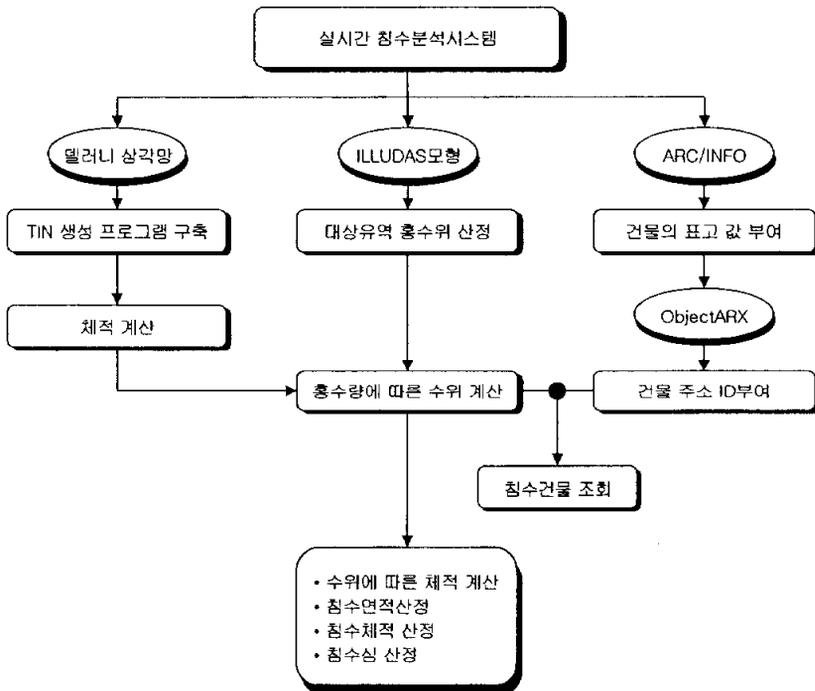


그림 38 침수분석시스템의 구축 과정

3.6.2 지형의 모형화

수문학에서 지형을 분석하기 위하여 지형을 표현하는 것은 대단히 중요하다. 이러한 공간분석에 대한 연구는 다양한 성격의 지형들을 대상으로 토지이용 적합성분석과 최적 입지선정을 중심으로 활발히 진행되고 있고, 1960년대 이후 세계 각국에서는 다각적인 접근방법으로 시도되었으며, 1980년대 이후 점차 확대 이용되고 있다⁸⁸⁾. 또한 산업화에 따른 개발은 환경의 변화를 유발시켰고 이러한 변화와 최근 이상기후로 인해 인류는 예기치 못한 큰 피해를 입기도 하였다. 이에 따라 체계적인 개발계획을 수립하기 위한 기초연구로 지형공간정보체계를 이용하여 구역분석 등을 수행해오고 있다⁸⁹⁾. 이러한 분석을 위해서 최근에는 3차원 GIS^{49),50)}를 이용하여 지형을 표현하고 있다. 지형을 표현하기 위해서는 주로 불규칙삼각망(triangulated irregular network, TIN)과 수치표고모형(digital elevation model, DEM)을 이용하여 지형을 표현하고 있다. 본 논문에서는 델로니 삼각망(delaunay triangulation) 알고리즘을 이용하여 TIN을 구축하였다.

수치표고모델에서 TIN은 불규칙하게 위치하고 있는 절점(node)들의 상호 기하학적 관계를 구축함으로써 지형의 3차원적인 표현을 가능하게 하기 위한 구조이다. 이러한 불규칙삼각망 데이터 구조는 대부분 델로니 삼각망에 그 바탕을 두고 있다.

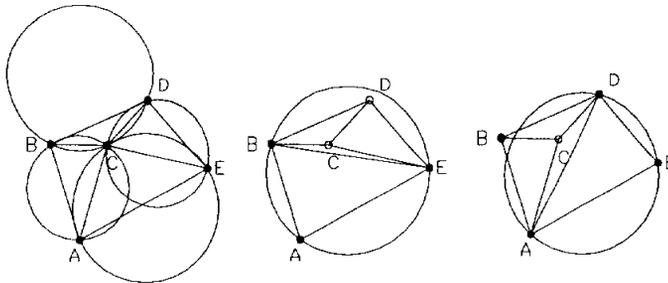


그림 39 델로니 삼각망

델로니 삼각망은 세 개의 절점을 연결한 삼각형의 외접원안에 다른 점이 포함되어 있지 않도록 연결된 삼각망을 말한다. 델로니 삼각망의 각 변의 이등분선으로 만들어지는 다각형을 보로노이 다각형 또는 티센 다각형이라 한다. 이러한 보로노이 다각형의 꼭지점이 델로니 삼각망의 외접원의 중심이다(그림 39)⁸⁷⁾.

그림 40에서는 상습침수 지역분석을 위해 선정된 부산광역시 수영강 유역의 반여지구로서 축척 1/1,000 수치지형도의 등고선과 표고점을 추출하여 본 시스템에서 TIN을 구축하였다. 그림 41에서는 델로니 삼각망에 의하여 구축된 TIN의 결과를 보여주고 있다. 본 시스템에서는 그림에서 보이는 삼각망에 대하여 각각의 삼각형을 한 개의 면으로 만들어 OpenGL을 이용하여 지형을 표현하였다.

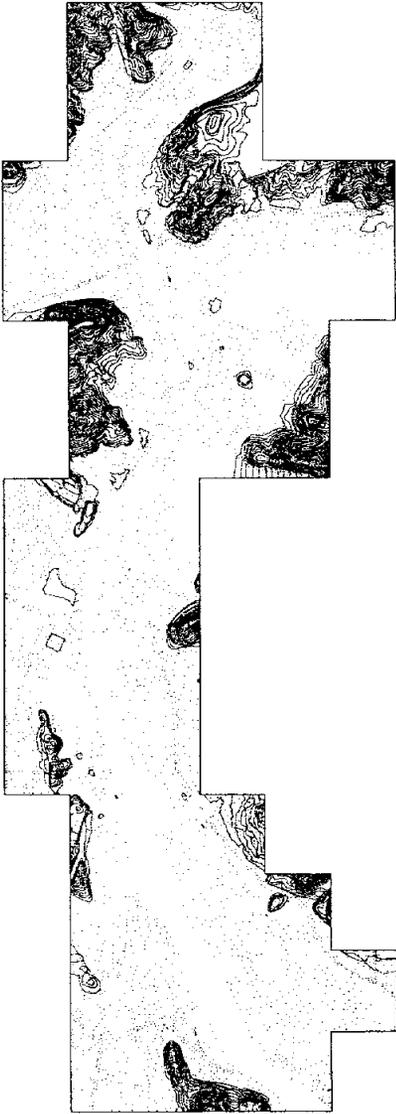


그림 40 등고선과 표고점

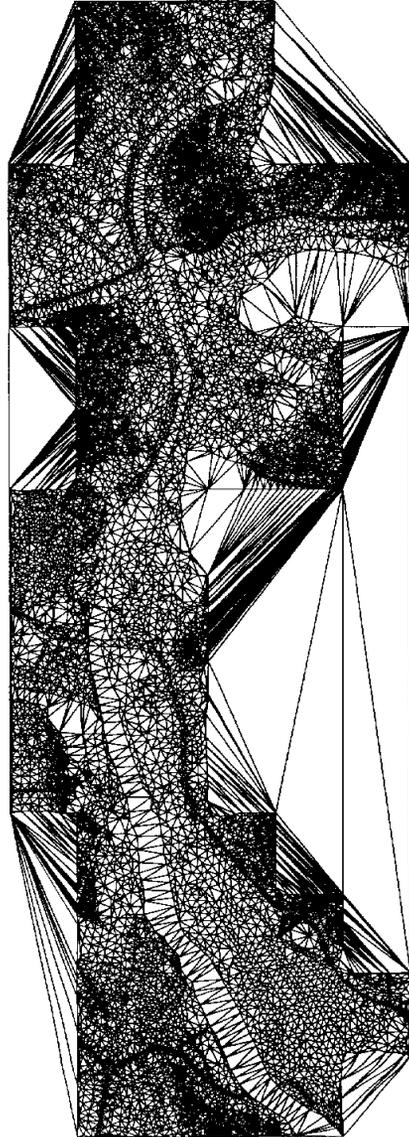


그림 41 TIN 구축

3.6.3 침수분석시스템의 기능

침수분석시스템은 3D virtual GIS를 응용하여 침수지역을 분석하고 표현함으로써 실세계에 접근할 수 있었다(그림 42). 3차원적 공간과 시간의 개념을 추가하여 침수분석을 수행함으로써 침수면적 및 침수심을 쉽게 산정할 수 있었고 수치지형도를 가진 어떤 지역에도 적용이 가능한 시스템으로서 향후 발전가능성을 제시할 수 있었다. 그리고 반여지구와 수영·망미 지구에 대해서는 펌프가동에 따른 침수심과 외수위에 따른 침수심을 별도로 분석할 수 있으므로 강우에 따른 침수분석을 실세계에 접근하여 분석할 수 있었다.

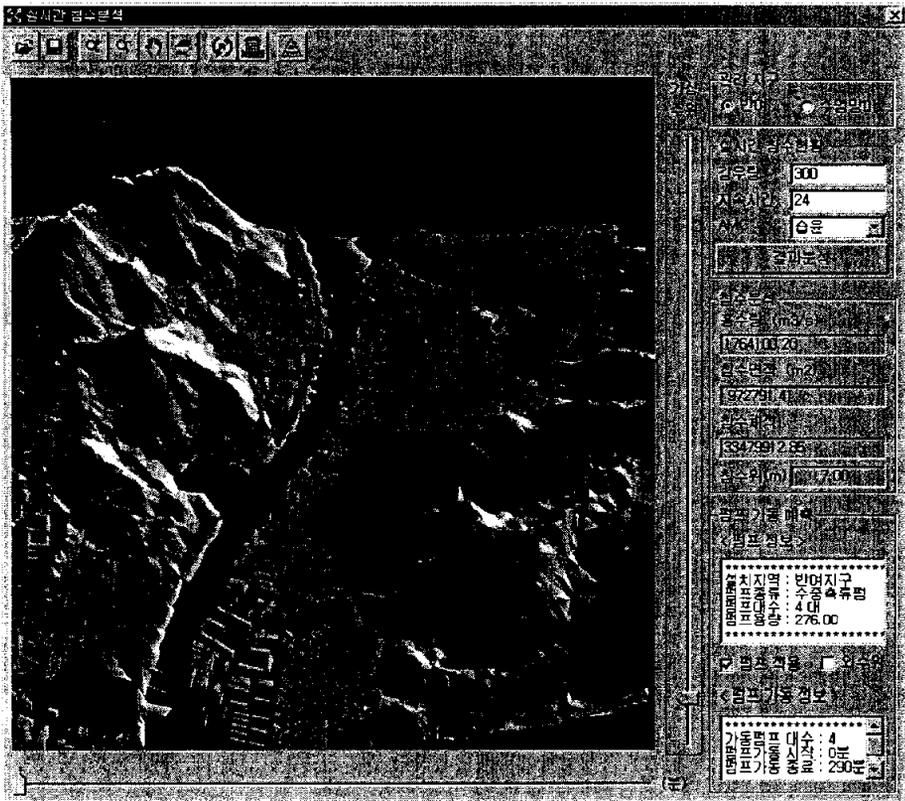


그림 42 침수분석시스템의 화면

제 4 장 시스템의 검정 및 고찰

4.1 도시유출모형의 선정 및 홍수량

4.1.1 도시유출모형

유역에 떨어지는 강우량의 일부는 지표에 도달하기 전에 건물 및 식물 등에 의하여 차단되고 지면에 도달한 강우의 일부는 호수나 저수지에 저류되어 지중으로 침투된다. 요철부분의 저류를 충족시킨 물은 지표에 수심을 유지하게 되어 수리학적 법칙에 따라 하류로 유하한다^{51),52),53)}. 본 연구에서는 대상유역 및 시스템의 특성을 고려하여 ILLUDAS모형을 이용하여 유출량을 산정하였다.

4.1.2 검정유역

침수분석시스템의 검정유역은 부산광역시 수영강유역내의 상습침수 지역으로 수영·망미지구와 반여지구이다.

수영·망미지구는 수영강 우변에 위치하며 북쪽은 배산(EL(+)
249.8m), 서쪽은 금련산(EL(+)
400m), 동쪽은 수영강을 경계로 하며 수영강 하류부에 위치하고 있으며, 반여지구의 배수유역 현황은 반여동의 위봉(E.L. 274.0), 재송동의 장산(E.L. 634.0)을 수계로 하여, 수영강으로 자연유하되고 있으며, 특히 하천연변지역이 주거지 및 공장지대로 도시화되어 있다. 총 유역면적은 4.167 km^2 로서 상리천, 신선천을 통하여 수영강으로 자연유하되고 있으나, 홍수시 수영강의 수위상승으로 내수배제가 불가능한 지역으로 상습침수지역이므로 검정유역으로 선정하게 되었다.

4.1.3 검정유역의 분할

검정유역에 대하여 확률강우량에 따른 홍수량을 산정하여 보고서^{85),86)}

의 자료와 비교 및 검토를 하여 ILLUDAS모형을 본 시스템에 적용하였다. 수영·망미지구에 설치되어 있는 관선 및 지선에 대하여 그림 43과 같이 유역을 분할하였으며, 반여지구에 대해서는 그림 44와 같이 유역을 분할하여 홍수량을 산정하였다. 유역을 분할하는 과정에서는 GIS의 활용도를 찾기가 어려웠었지만 ILLUDAS모형의 입력데이터를 구축할 경우 유역면적, 유로연장, 경사 등의 인자를 추출하는데는 GIS의 활용도가 높았다.

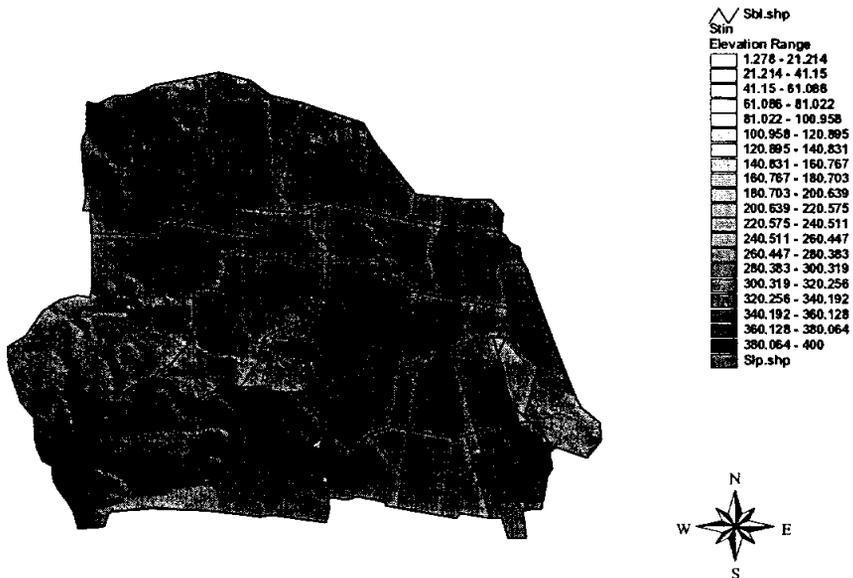


그림 43 수영·망미지구 유역분할

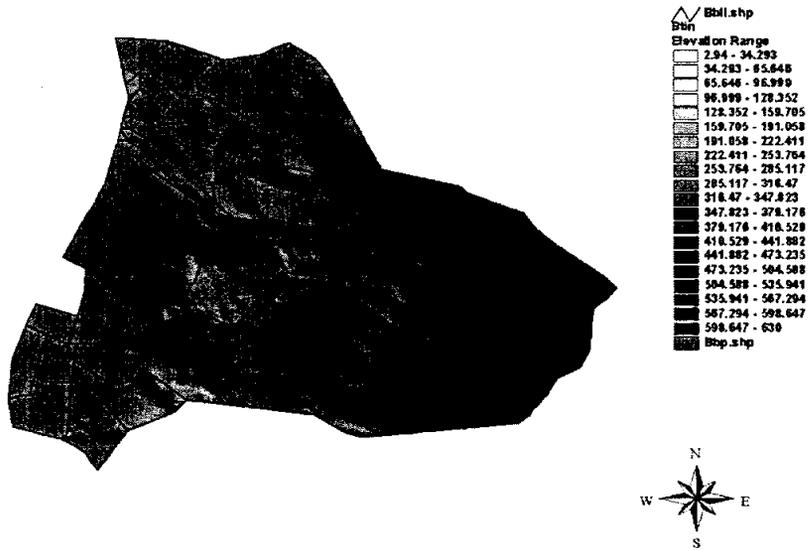


그림 44 반여지구 유역분할

4.1.4 김정유역의 홍수량

침수 분석을 위하여 수영강 유역내에 위치하고 있는 수영·망미지구와 반여지구에 대하여 ILLUDAS모형으로 빈도별 홍수량을 표 11과 같이 산정하였다.

표 11 대상유역 홍수유입량

배수구역	유출모형	빈도별 홍수량 (CMS)				
		10년	20년	30년	50년	100년
반여지구	ILLUDAS	97.18	115.37	125.94	139.00	156.03
수영망미지구	ILLUDAS	74.86	90.58	99.73	111.06	126.48

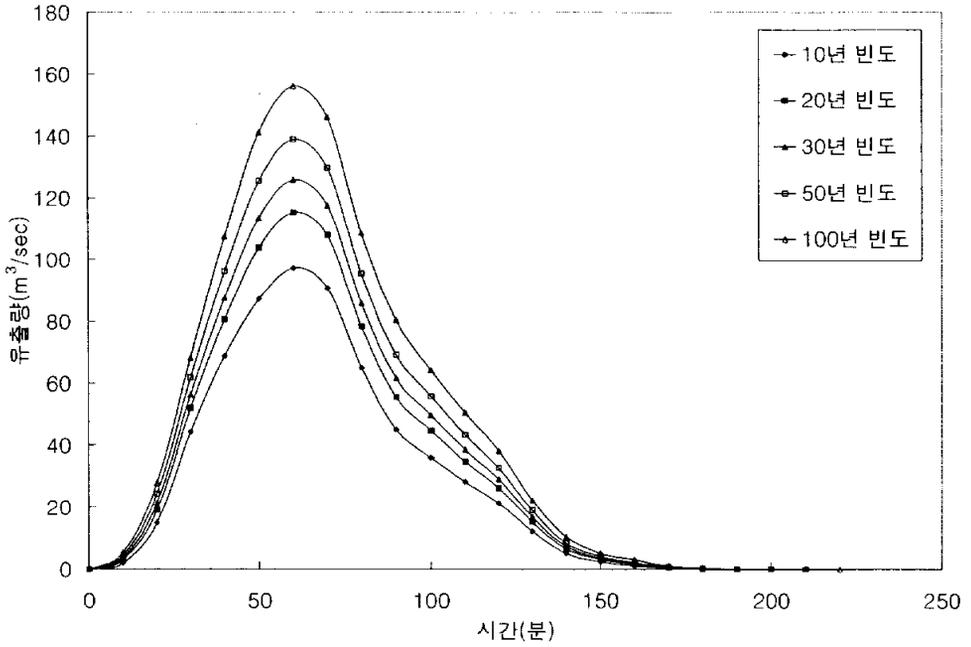


그림 45 반여지구 빈도별 홍수량

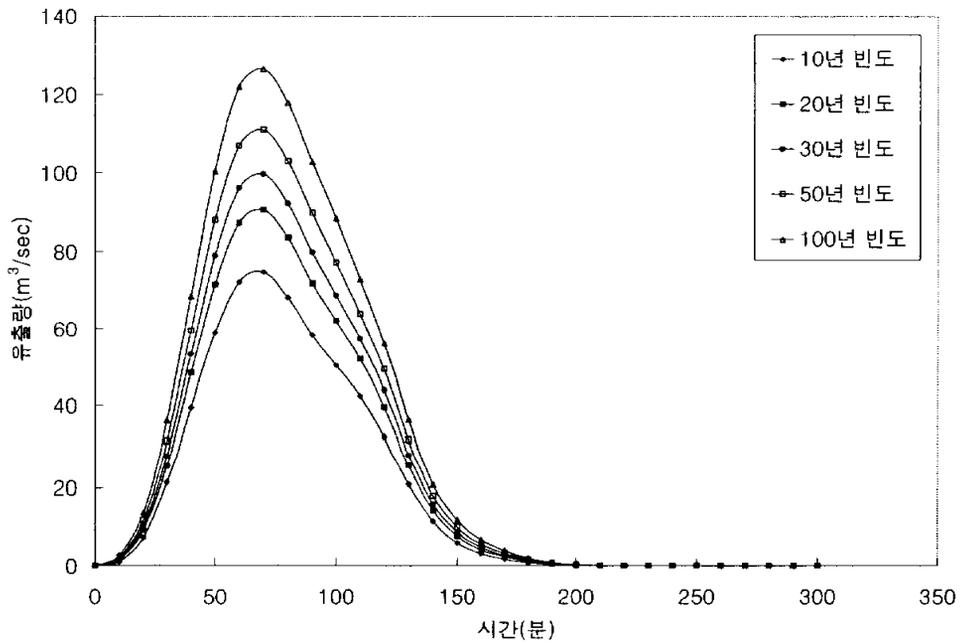


그림 46 수영·망미지구 빈도별 홍수량

4.2 침수량과 침수심

4.2.1 침수량

본 연구대상구역 중 김정구역은 도심지 구역이므로 ILLUDAS모형에 의하여 홍수량을 산정하였다. 산정된 홍수량은 하천으로 유출되지만 이상강우에 의한 집중호우시에는 수영강 본류의 수위가 대체로 높아 유출이 되지 않기 때문에 본 연구에서는 유출량이 모두 침수지역에 침수가 되는 것으로 가정을 두었다. 또한 수영강 본류의 수위가 하강하였을 경우를 고려하기 위하여 수영강 본류로 유출되는 관거의 단면을 이용하여 외수위를 침수분석시스템에서 고려하였다. 그러나 수영강은 감소하천으로 조위의 영향을 받고 있으므로 집중호우시 주로 하천의 수위가 상승하여 배수가 되지 않는 실정이다⁷³⁾. 본 침수분석시스템에서는 이처럼 외수위가 상승하였을 경우 관거의 유출구를 통하여 본류의 유량이 유입되는 것을 차단하여 식 4.1과 같이 제내지의 침수량을 산정하였다. 이에 따라 실세계에 접근하기 위해서는 가정을 줄이고 접근을 하여야 하나 본 연구는 후처리과정에 그 목적을 두었기 때문에 이러한 가정들에 대해서는 향후 더 많은 연구가 필요하겠다.

가. 수영강 본류의 외수위 고려

수영강 본류의 외수위를 고려하여 제내지의 침수량을 결정하기 위하여 식 4.1에 의하여 산정하였다.

$$\Delta S_1 = (Q_{out} - Q_{ori})\Delta t \quad (4.1)$$

여기서, ΔS_1 : orifice를 고려한 경우 Δt 시간동안의 제내지의 침수량 증가분(m^3)

Q_{out} : ILLUDAS모형에 의한 홍수량(m^3/sec)

Q_{ori} : orifice에 의한 유출량(m^3/sec), $Q_{ori} = CA\sqrt{2gH_s}$

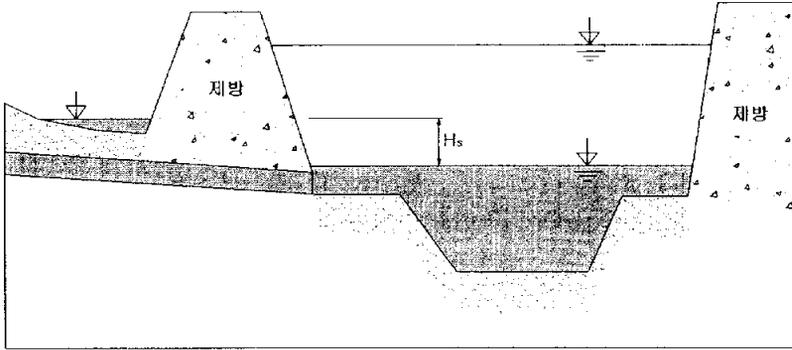


그림 47 수영장 외수위의 고려

나. 펌프의 고려 및 계획

침수분석시스템은 ILLUDAS모형에 의하여 산정된 유출량이 수영장 본류로 유출되지 않고 모두 제내지에 유입되는 가정으로 구축하였다. 이는 대상구역의 최대 부정조건에서 집중호우로 인한 침수피해 범위를 파악하고, 침수피해를 해소하기 위하여 펌프의 대수 및 작동 등의 현황을 파악하여 침수피해를 예방하고 줄이기 위해서 가정을 두었다.

펌프를 고려할 경우는 식 4.2와 같이 ILLUDAS모형에 의하여 산정된 유출량과 펌프에 의한 유출량의 차로 제내지의 침수량을 산정하였으며, 이때 침수량은 식 4.3에서 계산된 저류량 S 와 같다.

$$\Delta S_2 = (Q_{out} - Q_{pump})\Delta t \quad (4.2)$$

$$S = \Sigma(Q_{out} - Q_{pump})\Delta t \quad (4.3)$$

여기서, ΔS_2 : pump를 고려한 경우 Δt 시간동안의 제내지의 침수량 증

가분(m^3)

Q_{out} : ILLUDAS모형에 의한 홍수량(m^3/sec)

Q_{pump} : 펌프의 용량(m^3/min)

S : 저류량, 침수량(m^3)

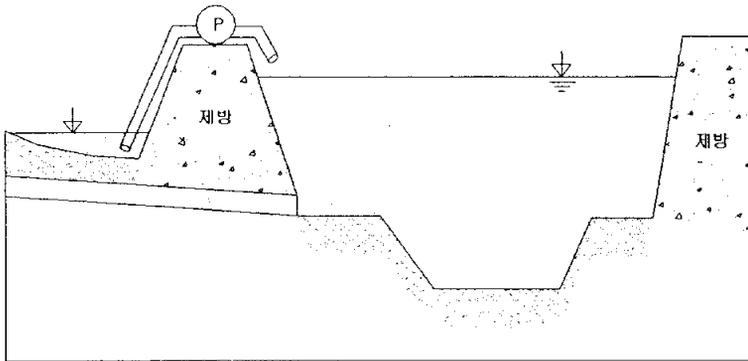


그림 48 펌프 고려에 의한 침수량 산정

4.2.2 침수심

침수심은 투영단면적(A_0)에 의한 수위(H)의 아래 부분의 체적(V_2)과 ILLUDAS모형에 의하여 산정한 홍수량으로 결정할 수 있었다(그림 49). 즉 수위의 아래 부분의 체적과 홍수량을 더하면 식 4.4과 같이 $A_0 \cdot H$ 가 된다.

수위(H)의 아래 부분의 체적(V_2)은 삼각기둥에 의하여 산정할 수 있으나 수위(H)의 함수이기 때문에 식 4.4는 일차식이 아니다. 따라서 식 4.4를 풀기 위하여 본 연구에서는 비선형 방정식 중 직접탐색법인 2분법(bisection method)을 이용하여 해(H)를 구하였다.

$$A_0 \cdot H = V_2' + S \quad (4.4)$$

여기서, A_0 : 지형의 투영단면적(m^2)

V_2' : 수위의 변화에 따른 지형의 체적(m^3)

S : 저류량, 침수량(m^3)

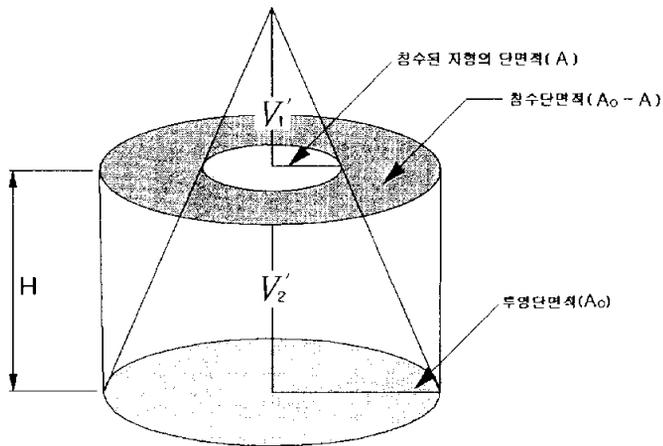


그림 49 침수심의 결정

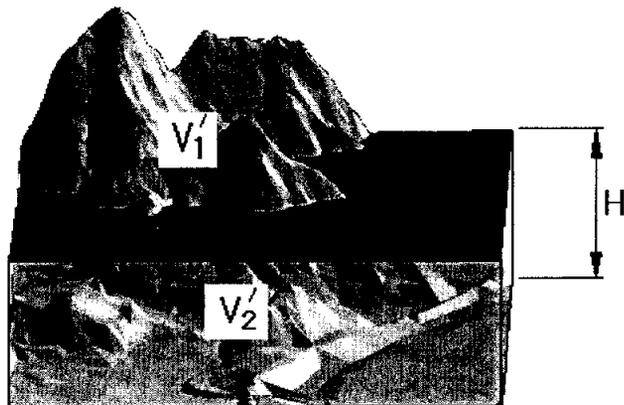


그림 50 지형의 침수심 변화

4.3 침수분석시스템의 적용 및 검증

4.3.1 검정구역의 지형표현

그림 51의 축척 1/1,000인 수치지도를 이용하여 침수분석시스템을 이용하여 침수현황을 분석하였다. 검정구역의 수치지도 중간에 연결부분을 볼 수 있는데, 이는 부산광역시에 1/1,000의 수치지도는 주로 도심지를 기준으로 구축하였기 때문에 산지지형에는 자료가 없기 때문이다. 따라서 본 연구를 수행하기 위해서는 1/5,000의 수치지도를 연결하여 침수분석을 수행해야만 하였다. 이러한 수치지도를 이용하여 본 시스템에 의하여 지형을 생성한 그림은 다음과 같다.

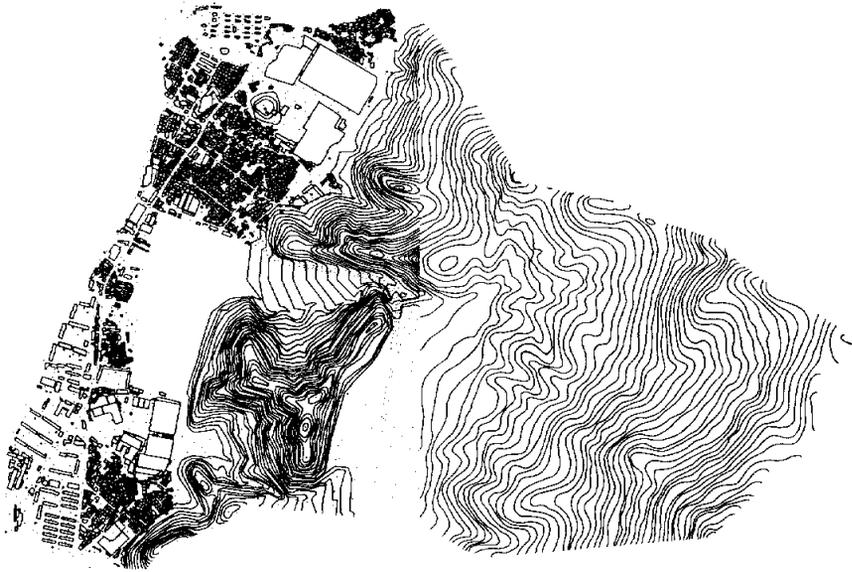


그림 51 반여지구 구역(1/1,000)

본 시스템은 반여지구와 수영·망미지구를 중점 관리하는 시스템으로 기준을 선정하였지만, 수영·망미지구는 현재 기존의 계획과는 달리 펌프장을 설치하지 않고 기존의 하수관거를 확장시켜 하수관거의 기능을 유수지 역할까지 분담하여 상습침수지역의 해소방안으로 공사를 수행하고 있다. 따라서 본 침수분석시스템에 대해서는 반여지구에 대해서만 언급하였다.

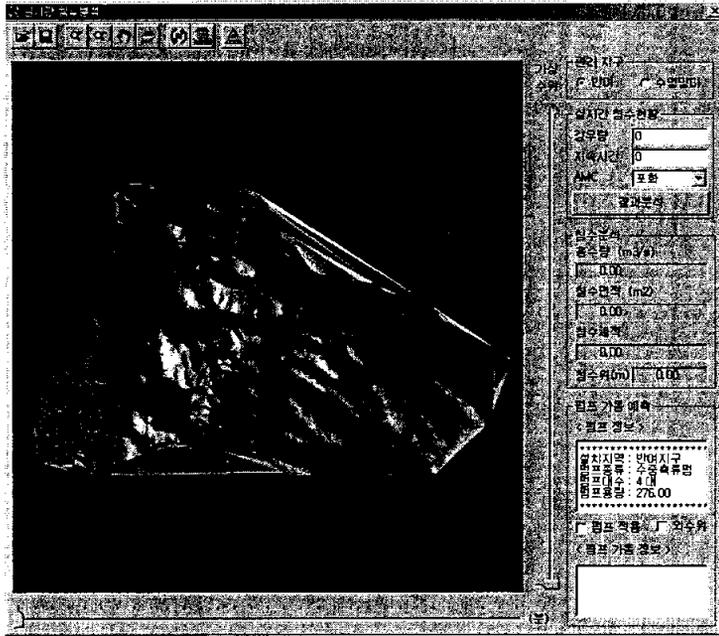


그림 52 반여지구의 지형 표현

4.3.2 침수분석시스템의 적용

침수분석 시스템의 적용과 검정을 위하여 GLADYS 태풍시의 호우 및 홍수 현황에 대하여 시스템을 운영하였다. GLADYS은 1991년 8월 22일에 발생한 태풍으로 대상유역을 0.380 km^2 를 침수시켰다. GLADYS태풍의 지속시간별 강우강도는 표 12와 같다.

표 12 GLADYS 태풍시 지속시간별 강우강도

지속시간	총강우량(mm)		강우강도(mm/hr)		재현기간(yr)	
	기상대	금정구	기상대	금정구	기상청	금정구
24	460.9	586.9	19.2	24.5	1000이상	1000이상
12	361.8	418.5	30.2	34.9	1000이상	1000이상
6	210.3	236.4	35.0	39.4	120	200
4	141.4	165.8	35.3	41.4	30	50
3	105.3	127.2	35.1	42.4	20	30
2	74.5	84.5	37.3	42.3	7	10
1	37.7	43.8	37.7	43.8	2	2.3

4.3.3 GLADYS태풍의 침수

GLADYS태풍시 대상유역의 하류부 저지대는 반여1동 43번 종점 및 홍아타이어 화승산업 대우실업 국정교과서 등 공장 및 주거지역이 밀집된 곳으로 침수지역의 배수로는 경사가 완만할 뿐만 아니라 U형 측구에 의존하고 있었고 침수지역의 면적은 0.386 km^2 에 달하였다^{85),86)}.

본 시스템을 금정구에서 측정한 강우량(586.9mm)에 대하여 적용을 하였다. 적용한 결과 침수면적은 0.389 km^2 으로 실측치와 유사하게 산정되었으며 그림 54에서 그 결과치를 보여주고 있다.

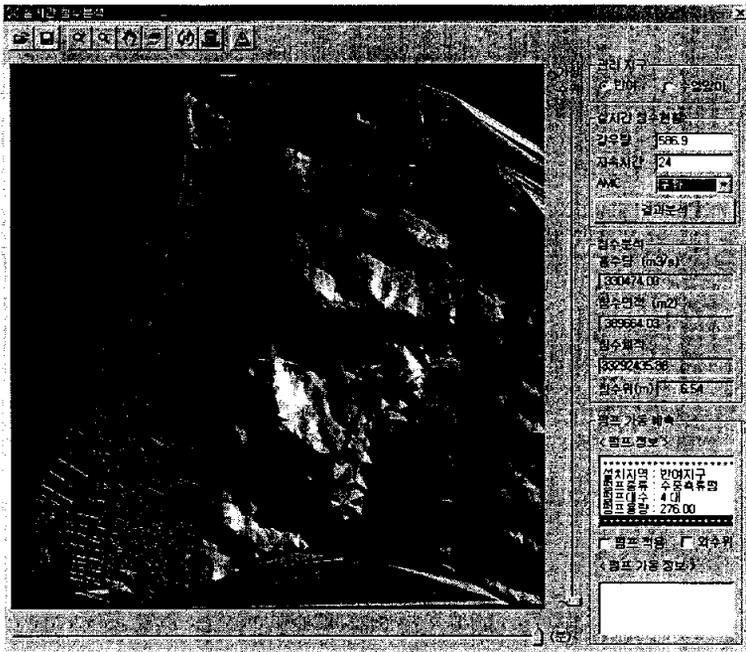


그림 53 검정유역의 침수분석



그림 54 3차원 침수분석(GLADYS태풍시)

4.3.4 침수건물의 조회

침수된 건물을 쉽게 조회할 수 있으므로 피해현황을 신속하게 파악할 수 있다. 또한 강우의 예측으로 침수피해를 모의한다면 피해의 현황을 미리 파악하여 이상기후에 의한 침수피해 발생에 대하여 대비할 수 있는 장점을 가지고 있다.

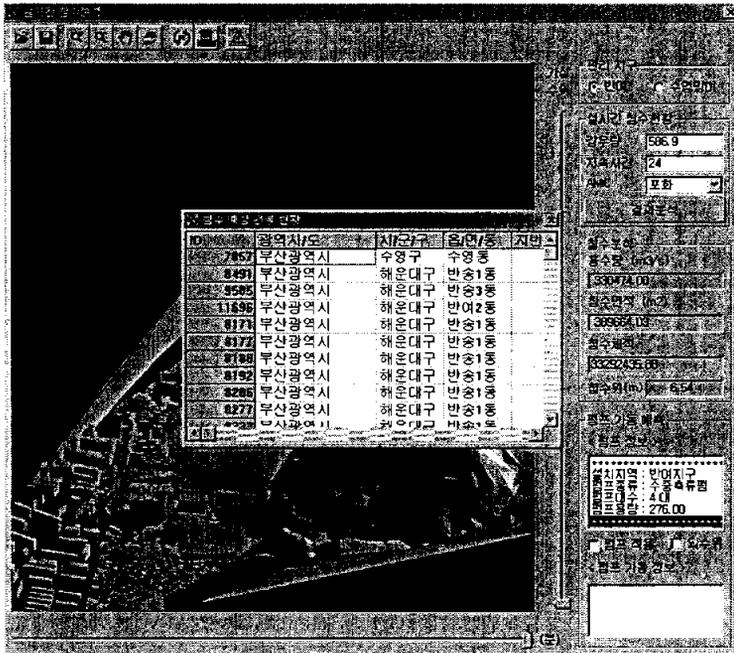


그림 55 침수건물의 조회

4.3.5 펌프의 적용

현재 설치되어 있는 펌프를 GLADYS태풍시 가동하였다고 가정했을 때의 침수상황을 재현하면 그림 55와 같다. 그러나 GLADYS태풍과 같은 경우에 대해서는 현재의 펌프용량으로도 완전한 침수를 예방할 수는 없었으며 시간에 따른 침수면적을 표 13과 그림 56에서 나타내었다.

표 13 펌프적용시 시간별 침수면적

시간 (분)	침수면적 (km^2)	시간 (분)	침수면적 (km^2)	시간 (분)	침수면적 (km^2)
10	0	110	0.308	210	0.174
20	0	120	0.306	220	0.158
30	0	130	0.301	230	0.141
40	0.05	140	0.293	240	0.125
50	0.122	150	0.282	250	0.107
60	0.188	160	0.269	260	0.09
70	0.238	170	0.253	270	0.075
80	0.273	180	0.237	280	0.058
90	0.292	190	0.222	290	0.034
100	0.303	200	0.189	-	-

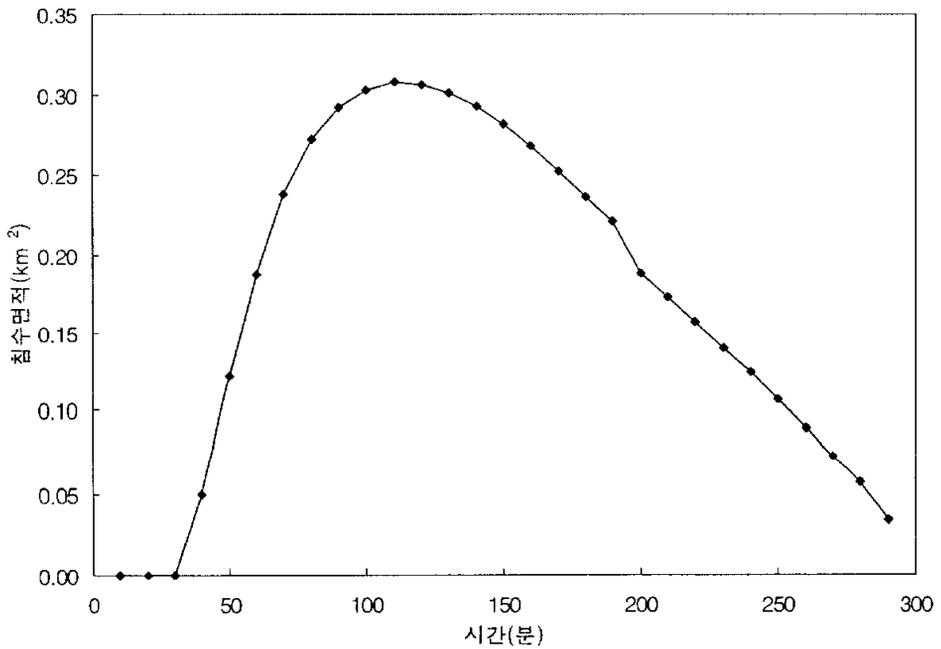


그림 56 펌프적용시 침수면적(km^2)

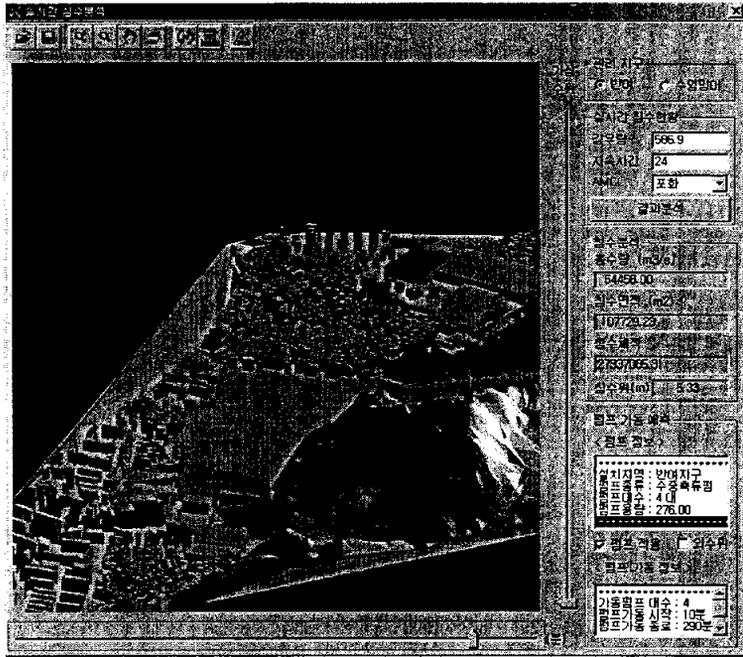


그림 57 펌프적용시 침수현황

침수분석시스템을 이용하여 침수분석을 수행한다면 가상의 펌프를 두어 피해의 범위를 미리 예측할 수 있으므로 침수지역을 경제적이고 효율적으로 설계하는데 도움을 줄 수 있다고 본다. 또한 침수건물을 조회할 수 있으므로 홍수피해에 대한 비용을 평가하는데 그 활용성은 아주 양호하다고 본다.

4.4 RMS의 활용도

GIS와 수문학을 연계하여 이들에 대한 정보를 어떻게 처리하며 표현할 것인지 하는 문제는 대단히 중요한 사항이다. 따라서 본 연구에서는 GIS를 이용하여 강우-유출모형과 수리학적 모형을 통합시켜 수리·수문해석을 수행할 수 있도록 시도하였으며, GIS와 연계된 하천관리와 3차원적 침수분석을 할 수 있는 RMS를 개발하였다. 또한 문서로 되어있는 지형자료에 대한 정보를 공간자료와 속성정보를 연계하여 조회 및 검색을 할 수 있도록 함으로써 하천과 유역을 관리하는데 큰 도움을 줄 수 있다.

4.4.1 하천관리시스템과 HEC-RAS

수리학적 모형인 HEC-RAS를 이용하여 수위의 변화를 모의한 후 HEC-RAS에 의하여 결과를 분석하지 않고 하천관리시스템에 의하여 분석 및 조회를 하였다. 이와 같은 하천관리시스템은 GIS와 연계하여 위성사진과 공간자료로 구성되어 있는 평면도, Map&You社의 DViewer.ocx를 이용한 하천단면도, 검색 위치를 조회할 수 있도록 인덱스 역할을 하는 종단도 등의 조합으로 분석의 효율을 향상시켜주는 시스템으로 그 활용성이 하천을 관리하는데 큰 도움을 줄 수 있다고 평가된다.

4.4.2 하천시설물관리시스템

하천시설물관리시스템은 하천에 설치되어 있는 수공구조물을 관리하는 시스템으로서 GIS와 연계를 통하여 수공구조물의 위치를 신속하고 정확하게 파악하고 검색된 구조물에 이상강우시 수위의 영향을 고려하여 수공구조물을 관리할 수 있도록 하였다. 기존의 HEC-RAS는 구조물을 관리할 경우 평면도와 종단도를 연계하여 관리하지 않았다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 GIS와 위치 및 속성정보를 연계하여 시설물을 관리할 수 있도록 시스템을 구축하였다.

4.4.3 침수분석시스템의 역할

3D Virtual GIS를 이용한 침수분석시스템은 수문해석의 최종단계와 GIS의 마지막 단계가 결합된 시스템으로 구축되었으며 수문해석의 후처리 과정에 그 목적을 두었다. 강우에 의한 침수분석을 하기 위해서는 강우-유출모형도 중요하겠지만 좀 더 정확한 지형의 체적을 산정하는 것이 필요하다. 정확한 유출량이 산정되었어도 지형 위에 정확한 표현이 되지 않는다면, 그 침수분석은 정확도가 낮아질 것이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 불규칙삼각망에서 삼각기둥에 의하여 지형체적을 산정하였다. 또한 주택이나 아파트, 공장 등의 건물이 침수되었을 경우 해당되는 건물을 조회하기 위하여 수치지도에서 건물의 공간자료(build.dxf)에 주소를 부여하였다.

4.4.4 지형체적과 침수심

지형의 체적을 좀더 정확하게 산정하는 것은 토목분야 및 관련분야에서 과제로 남아 있다. 본 연구에서는 체적산정시 불규칙삼각망을 각각의 삼각형으로 잘라내어 삼각기둥으로 형성시켜 수위의 변화에 따라 지형의 체적을 산정하는데 오차의 범위를 다소 줄일 수 있었다.

침수분석시스템은 수치지도를 이용하여 불규칙삼각망을 시스템에서 직접 구축하여 지형의 체적을 산정할 수 있으며 침수심에 따른 체적과 침수면적 등을 산정할 수 있다. 따라서 침수지역을 분석하는데 기존의 방법처럼 수치지도를 이용하여 침수심에 대한 체적과 면적을 역으로 추정할 필요가 없으므로 침수분석시 효과적인 방법을 제시할 수 있었다. 수치지형도를 시스템에 의하여 불러올 수 있다는 장점은 향후 본 시스템이 전국 하천 및 침수지역을 관리할 수 있다는 장점으로 발전할 수 있으며, 인터넷 서비스까지 가능하도록 설계를 하였기 때문에 활용도는 대단히 높을 것으로 본다. 끝으로 강우에서부터 침수분석까지 수문 및 수리학적 분석을 일체의 시스템(RMS)에 의하여 분석을 수행할 수 있으며, 3차원과 시간의 개념이 추가된 침수분석을 통하여 침수의 범위 및 피해정도를 예측할 수 있으므로 자연재해를 방지하는데 큰 도움이 될 수 있다고 사료된다.

제 5 장 결론

본 연구는 도시내 강우에 의한 침수피해를 예방하기 위하여 Virtual GIS를 이용하여 도시하천관리시스템을 구축하고, 그 효율성을 입증하기 위하여 현재 하천에 적용하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 연구 대상유역에 대한 수문지형인자를 GIS와 연계하여 산정함으로써 시간과 인력을 줄일 수 있었으며, 수문지형인자 추출을 위한 유역분할시 적정 격자크기는 100m×100m로 제시할 수 있었다.

둘째, 강우에서부터 침수분석까지 일련의 시스템에서 분석 가능한 도시하천관리시스템(river management system, RMS)을 구축하여 하천관리시 효율성을 높이는데 기여할 수 있었다.

셋째, GIS를 이용하여 하천 및 시설물관리시스템을 구축함으로써 하천평면도, 종단면도, 횡단면도를 연계시켜 HEC-RAS의 결과를 기존의 방법보다 효율적으로 분석할 수 있었다.

넷째, 침수분석시스템을 구축하여 예측 강우에 대한 침수분석을 수행할 수 있었으며, 침수심에 따른 침수체적 및 침수면적을 산정할 수 있었고, 침수된 건물을 조회할 수 있으므로 홍수피해를 예방하고 평가하는데 효율성을 높일 수 있다고 사료된다.

본 연구의 향후과제는 RMS에서 불규칙삼각망에 의한 경사도 및 흐름방향을 결정하고 수리학적 모형 개발을 통하여 RMS를 독자적으로 수리학적 모형이 수행 가능한 시스템으로 발전시키고, 또한 수질관리 및 추적시스템구축까지 RMS에 추가하여 하천관리의 효율성을 높이는데 대한 연구가 더 필요하다고 사료된다.

참고문헌

1. Akan, A. S., M. D. Pekkaglyyan and A. S. Sevuk(1981) Metu design model for urban storm drainage system, Proceedings of the second international conference on urban storm drainage, Urbana, Illinois USA, pp. 221~227.
2. Chow, V. T.(1964) Handbook of applied hydrology, Mc-Hill Book Company, pp. 1~20, pp. 20~45.
3. Yen, B. C. and A. S. Sevuk(1982) Sewer network routing by dynamic wave characteristics, HY3, ASCE, pp. 379~397.
4. Schaake, J. C, J. C. Geyer. and J. W. Knapp(1967) Experimental examination of the rational method, Journal of Hy. Div., Vol. P3, No. HY6, ASCE, pp. 353~369.
5. Schulz, E. F. and O. G. Lopez(1974) Determination of urban watersheds response time, Hydrology papers, No. 71, Colorado State University Fort Collins, Colorado, pp. 1~39.
6. Gregory, R. L, and C. E. Arnold(1932) Runoff-rational runoff formulas, Transactions, ASCE, Vol. 96, pp. 1083~1099.
7. Papadakis, C. N. and H. C. Preul(1972) University of Cincinnati Urban Runoff Model., Journal of Hydraulic. Div. Vol. 98, HY10, pp. 1789~1084.
8. Izzard, C. F.(1946) Hydraulics of runoff from developed surfaces, Proceedings, Highway Res. Board, Vol. 26, pp. 129~150.
9. Vanslambrouck, A., A. Van Der Beken, J. J. Peters and G. DE Schrijver(1986) Runoff and routing models applied to an urban drainage research catchment, Proceedings of the international symposium on comparison of urban drainage model with real

- catchment data, pp. 117~121.
10. Yen, B. C., H. G. Wenzel, L. W. Mays and W. H. Tang(1997) Advanced methodologies for design of storm sewer system, WRC. Res. Rep. No. 112, University of Illinois Water Resource Center.
 11. Knapp, J. W., G. L. Lewis and T. E. Harbaugh(1977) Introduction to hydrology, IEP A Dun Donnelley Publisher, New York, pp. 529~558.
 12. Papadakis, C. N. and H. C. Preul(1970) Testing of methods for determination of urban runoff, Journal of Hy. Div., Vol. 99, No. HY9, ASCE, pp. 1319~1335.
 13. Bennerstedt, K.(1986) Sewer rehabilitation in the old town in Stockholm Proceedings of the international symposium on comparison of urban drainage models with real catchment data, Dubrovnik Yugoslavia, pp. 1107~1115.
 14. Diskin, M. H.(1963) Temporary flow measurement in sewers and drains, Journal of Hy. Dvi., Vol. 89, No. HY4, ASCE, pp. 141~487.
 15. James, W. and W. Green.(1987) Improvements to urban drainage models for combined sanitary sewers, The fourth international conference on urban storm sewers, Lausanne, Switzerland, pp. 237~241.
 16. Kosinsky, V. D.(1987) Calculus.
 17. Maksimovic. C. and M. Radojkovic(1986) Urban drainage catchments, pergamon press, Printed in Great Britain by A. Wheaton and Co. Ltd., pp. 3~26.
 18. Mujeriego, R., J. M. Jove. and S. Suganes(1987) Storm drainage modelling in Barcellona, Fourth international conference on urban storm drainage Lausanne, Switzerland, pp. 226~230.

19. Rovey, E. W., D. A. Woolhiser and R. E. Smith(1977) A distributed kinematic model of upland watersheds, Hydrology papers No. 93, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
20. Verworm, H. R.(1984) How accurate are simplified detention basin design procedures, Proceedings of third international conference on urban storm drainage, G'öteborg, Sweden, pp. 1~9.
21. Wenzel, H. G. and M. L. Voorhees(1980) Adaptation of ILIUDAS for continuous simulation, Journal of HY. Div. ASCE, pp. 1795~1811.
22. Yen, B. C., S. T. Chert. B. H. Jun, M. L. Voorhees, H. G. Wenzel and L. W. Mays(1984) Illinois least-cost sewer system design model : ILSD-1&2 user's guide Univ. of minds, Water Resource Center.
22. Rhonda Yates, Brian Waldron and Royu Van Arsdale(2003) Urban effects on flood plain natural hazards, Journal of Engineering Geology, pp. 1~15.
23. Daniel F. Turner-Gillespie, James A. Smith and Paul D. Bates(2003) Attenuating reaches and the regional flood response of an urbanizing drainage basin, Journal of Advances in Water Resources, Vol. 26, pp. 673~684.
24. Jean-Marc Pivot, Etienne Josien and Philippe Martin(2002) Farms adaptation to changes in flood risk: a management approach, Journal of Hydrology, Vol. 267, pp.12~25.
25. K. F. Cheung, A. C. Phadke, Y. Wei, R. Rojas, Y. J. M. Douyere, C. C. Martino, S. H. Houston, P. L. F. Liu, P. J. Lynett, N. Dodd, S. Liao and E. Nakazaki(2003) Modeling of storm-induced coastal flooding for emergency management, Journal of Ocean Engineering,

- Vol. 30, pp. 1353~1386.
26. Geoffrey C. Poole, Jack A. Stanford, Christopher A. Frissell(2002) Three-dimensional mapping of geomorphic controls on flood-plain hydrology and connectivity from aerial photos, *Journal of Geomorphology*, Vol. 48, pp. 329~347.
 27. Dushmanta Dutta, Srikantha Herath and Katumi Musiaka(2003) A mathematical model for flood loss estimation, *Journal of Hydrology*, Vol. 277, pp. 24~49.
 28. T. P. Burt, P. D. Bates, M. D. Stewart, A. J. Claxton, M. G. Anderson and D. A. Price(2001) Water table fluctuations within the floodplain of River Seven, England, *Journal of Hydrology*, pp. 1~20.
 29. Joan L. Florsheim and Jeffrey F. Mount(2002) Restoration of floodplain topography by sand-splay complex formation in response to intentional levee breaches, Lower Cosumnes River, California, *Journal of Geomorphology*, Vol. 44, pp. 67~94.
 30. W. Al-Sabhan, M. Mulligan and G. A. Blackburn(2003) A real-time hydrological model for flood prediction using GIS and the WWW, *Journal of Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 27, pp. 9~32.
 31. Shanker Kumar Sinnakaudan, Aminuddin Ab Ghani, Mohd. Sanusi S. Ahmad and Nor Azazi Zakaria(2003) Flood risk mapping for Pari River incorporating sediment transport, *Journal of Environmental Modelling & Software*, Vol. 18, pp. 119~130.
 32. G. Gambolati, P. Teatini and M. Gonella(2002) GIS Simulations of the Inundation Risk in the Coastal Lowlands of the Northern Adriatic Sea, *Journal of Mathematical and Computer Modelling*, Vol.

- 35, pp. 963~972.
33. P. G. Slavich, G. R. Walker and I. D. Jolly(1999) A flood history weighted index of average root-zone salinity for assessing flood impacts on health of vegetation on a saline floodplain, *Journal of Agricultural Water Management*, Vol. 39, pp. 135~151.
 34. Philip A. Townsend and Stephen J. Walsh(1998) Modeling floodplain inundation using an integrated GIS with radar and optical remote sensing, *Journal of Geomorphology*, Vol. 21, pp. 295~312.
 35. Oliver Coroza, David Evans and Ian Bishop(1997) Enhancing runoff modeling with GIS, *Journal of Landscape and Urban Planning*, Vol. 38, pp. 13~23.
 36. Liu Renyi and Liu Nan(2002) Flood area and damage estimation in Zhejiang, China, *Journal of Environmental Management*, Vol. 66, pp. 1~8.
 37. M. G. F. Werner(2001) Impact of Grid Size in GIS Based Flood Extent Mapping Using a 1D Flow Model, *Journal of Phys. Chem. Earth*, Vol. 26, pp. 517~522
 38. U.S Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center(1998) HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual, pp.1-1~2-21
 39. RALPH A. WURBS(1995) WATER MANAGEMENT MODELS, PRENTICE HALL PTR, pp. 203~217
 40. Knisel, W.G(1980) CREAMS: a field scale model for chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems, USDA Conservation research report No.26.
 41. Liu Renyi and Liu Nan(2002) Flood area and damage estimation in Zhejiang, China, *Journal of Environmental Management*.

42. Fleming, G., Computer simulation techniques in hydrology, Elsevier, pp.28~33, pp.69~87, pp. 191~252.
43. 김남원, 김창완, 우효섭(2002) 태풍 루사(Rusa)의 강우 특성과 홍수피해 특성, 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp. 15~22.
44. 정인주, 이정민, 김상용, 이종출(2002) DEM에 의한 지형인자 추출에 따른 격자크기의 영향에 관한 연구, 한국지형공간정보학회 논문집, 제10권 제2호, pp. 67~75.
45. 김상석, 장용구,곽재하, 김윤수(2001) 불규칙 삼각망을 이용한 골프장의 지표면적 산출에 관한 연구, 한국지리정보학회지, 제4권 제4호, pp. 61~71.
46. 김의명, 이석균, 김태균(2000) 방사삼각망알고리즘을 이용한 불규칙삼각망의 생성과 경사분석, 대한토목학회논문집, 제20권 제6-D호, pp. 701~708.
47. 이석찬, 고영호, 이창경, 최병길(1994) 비정규삼각망 데이터구조에 의한 지형의 수치화, 대한토목학회논문집, 제14권 제2호, pp. 325~334.
48. 정인주, 손차범, 박상주, 김상용(2002) (R)USLE와 GIS를 이용한 토사 유출량 산정에 관한 연구, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 775~780.
49. 신석효, 안기원, 이효성, 임환철, 지학송(2002) 3차원 GIS의 공간 데이터 작성을 위한 VRML의 적용, 대한토목학회 학술발표회 논문집.
50. 김재형(2002) 3D GIS Model, 고려대학교 대학원 전자공학과, 석사학위논문, pp. 11~45.
51. 이영대(1989) 도시소유역의 유출해석을 위한 수학적 모형의 개발, 서울대학교 대학원 농공학과 농업토목전공, 공학박사학위논문, pp. 3~8, pp. 9~34, pp. 139~166.
52. 김상용, 김희정, 손인식, 이종출, 이영대(1991) 도시소유역 개발에 따른 유출현상의 연구, 한국상하수도학회논문집, 제1호, pp. 38~45.

53. 김가현, 이영대, 서진호, 민일규(2001) 남사천 하류지역 홍수피해 분석, 한국환경과학회논문집, 제10권, 제3호, pp. 217~223.
54. 강태호, 이재준, 이종태(1999) 도시하천에서의 강우, 유출 및 수질예측 (I),(II), 대한토목학회 논문집, 제19권 제2-1호, pp. 23~34, pp. 35~45.
55. 백승권(2002) 도시유출모형의 매개변수에 따른 침투유출량의 변화에 관한 연구, 대전산업대학교 대학원, 공학석사학위논문.
56. 한영만(2001) 도시유출모형을 이용한 도시화 구역의 유출해석, 한남대학교 대학원, 공학석사학위논문.
57. 김충수(2002) 도시유출 모의모형의 매개변수 추정, 서울대학교 대학원 지구환경시스템공학부, 공학석사학위논문.
58. 정찬득(1985) 홍수예경보 시스템에 관한 연구, 연세대학교 산업대학원 전자계산전공, 공학석사학위논문.
59. 차성렬(1994) 지형공간정보체계를 이용한 도시기반시설 관리에 관한 연구, 동아대학교 대학원 토목공학과, 공학박사학위논문, pp. 3~8, pp. 54~61.
60. 이홍래, 이종원(1998) GIS를 이용한 한강 침수예측시스템 구축, 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp. 233~236.
61. 김계현, 김준철(2001) GIS 기반의 하수도 관망해석을 통한 침수피해지역 예측에 관한 연구, 한국GIS학회 논문집, Vol.9, No.3, pp. 493~507.
62. 박의정, 김철, 김석규, 이치열(2002) GIS를 이용한 함평천구역의 침수취약지역 분석, 한국지리정보학회 학술대회발표 논문집, pp. 57~66.
63. 유환희, 이민우, 이성민(2002) 도시홍수재해 관리시스템 구축, 대한토목학회 논문집, 제22권 제3-D호, pp. 561~569.
64. 안상진, 전계원, 박현구(2003) 홍수피해로 인한 침수면적 산정에 관한 사례연구, 대한토목학회 논문집, 제23권 제3B호, pp. 183~189.
65. 김철, 김석규(2003) GIS를 이용한 홍수취약지역 예측, 대한토목학회 논

- 문집, 제23권 제3B호, pp. 175~181.
66. 유환희, 안기원, 이민우(2001) 무선 인터넷 GIS를 이용한 도시재해관리 시스템구축, 한국측량학회지, 제19권 제1호, pp. 55~66.
 67. 최철웅(1999) 지형공간정보체계를 이용한 수문지형인자 결정에 관한 연구, 부산대학교 대학원 토목공학과, 공학박사학위논문, pp. 1~9, pp. 12~48.
 68. 이범희(1998) 지리정보체계 및 전문가시스템을 이용한 도시유출 및 수질모형의 개발, 서울대학교, 공학박사학위논문, pp. 14~40.
 69. 김상용, 정인주, 박상주(2001) 지형공간정보체계를 이용한 상습침수 지역의 특성분석에 관한 연구, 대한토목학회 학술발표회 논문집.
 70. 김상용, 정인주, 노수상, 조용재(2002) 지형공간정보체계를 이용한 상습침수 지역의 관리시스템 구축, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp. 873~878.
 71. 정인주, 이정민, 김상용(2002) 유역 크기에 따른 DEM에 의한 수문지형인자 추출에 관한 연구, 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp. 1~4.
 72. 조용재(2003) GIS를 이용한 상습침수지역의 관리시스템 구축, 부경대학교 대학원 토목공학과, 공학석사학위논문, pp. 2~14.
 73. 이종학(1999) 부산지방 상습침수 지역의 특성과 대책방안에 관한 연구, 부경대학교 토목공학과, 공학석사학위논문, pp. 3~19, pp. 20~39.
 74. 함창학(1996) 지형정보시스템(GIS)을 이용한 수문지형정보 (水文地形情報) 추출에 관한 기초적 연구, 충북대학교 대학원 토목공학과 수공학전공, 공학박사학위논문, pp. 5~11.
 75. 이상신(2001) 홍수위험지도 제작을 위한 데이터베이스 설계, 동국대학교 대학원 토목공학과, 공학석사학위논문.
 76. 박홍균(2002) 홍수위험지도 제작방법의 개발 및 적용, 동국대학교 대학원 토목환경공학과, 공학석사학위논문.
 77. 윤천주(2002) 홍수위험지도 제작을 위한 효율적인 수치표고모델 생성

- 에 관한 연구, 인하대학교 대학원 지리정보공학과, 공학석사학위논문.
78. 부산광역시 동래구(1992) 온천천 유로변경에 따른 수리학적 영향평가 및 실시설계 검토 보고서, pp. 77~162.
 79. 이상만(1999) 부산지방 확률강우강도식의 유도에 관한 연구, 부경대학교 토목공학과, 공학석사학위논문, pp. 3~21.
 80. 김동근(2001) 미계측 소유역의 유출량 산정에 관한 연구, 부경대학교 토목공학과, 공학석사학위논문, pp. 10~17.
 81. 노두성(2002) 소유역에서의 시간분포에 따른 설계홍수량추정 프로그램 개발, 부경대학교 대학원 토목공학과, 공학석사학위논문. pp. 20~27, pp. 61~92.
 82. 한국수자원공사(1993) HEC-2 모델에 의한 하천 수면형 계산, 한국수자원공사 설계처, pp. 1~27.
 83. 건설교통부(1997) 수리학적 모형을 이용한 한강상류부 하도의 홍수에 측모형 개발, 건설교통부 한강홍수통제소, pp. 53~72.
 84. (주)해강(1994) 수영강 수계의 유출해석에 관한 조사 연구, 부설해강기술개발연구소, pp. 25~106.
 85. 부산광역시 해운대구(1996) 반여동 배수펌프장 설치공사 기본 및 실시설계 보고서, pp. 35~57, pp.
 86. 부산광역시 동래구(1992) 온천천 유로변경에 따른 수리학적 영향 평가 및 실시설계 검토, pp. 64~82.
 87. 하태성, 김종태, 맹주성(1994) 정렬 배후면 격자계를 이용한 Delaunay 삼각화, 한국항공우주학회 논문집, pp. 43~52.
 88. 김하나(1997) GIS를 이용한 대학캠퍼스 공간분석, 경북대학교 대학원 지역정보학과 지리정보전공, 공학석사학위논문, pp. 5~7.
 89. 이인엽(1999) 지형공간정체계를 이용한 유역분석, 연세대학교 환경공학전공, 공학석사학위논문, pp. 1~22.
 90. 양재린, 고덕구, 채효석, 김우구(2002) 하천관리지리정보시스템

(RIMGIS) 구축에 관한 연구, 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp. 681~684.

91. 이호림(1977) 보간법과 그 오차에 관한 연구, 동아대학교 대학원 수학과, 석사학위논문, pp. 3~39.

부록

침수분석시스템 프로그램(C++)

```
// DlgRealTime.cpp : implementation file
#include "stdafx.h"
#include "RiverSystem.h"
#include "DlgRealTime.h"
#include "DlgRealTimeList.h"
#include "EtcFunction.h"
#include <math.h>
#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif
// CDlgRealTime dialog
CDlgRealTime::CDlgRealTime(CWnd* pParent /*=NULL*/)
    : CDialog(CDlgRealTime::IDD, pParent)
{
   //{{AFX_DATA_INIT(CDlgRealTime)
    m_strFlood = _T("");
    m_strTime = _T("");
    m_strFloodArea = _T("");
    m_strFloodHeight = _T("");
    m_strWaterVolume = _T("");
    m_strFloodVolume = _T("");
    //}}AFX_DATA_INIT
}

void CDlgRealTime::DoDataExchange(CDataExchange* pDX)
{
    CDialog::DoDataExchange(pDX);
    {{{AFX_DATA_MAP(CDlgRealTime)
    DDX_Control(pDX, IDC_EBFloodVolume, m_ebFloodVolume);
    DDX_Control(pDX, IDC_CHKOwl, m_chkOwl);
    DDX_Control(pDX, IDC_CMBAmc, m_cmbAmc);
    DDX_Control(pDX, IDC_LSTPumpInfo, m_lstPumpInfo);
    DDX_Control(pDX, IDC_LSTPump, m_lstPump);
    DDX_Control(pDX, IDC_CHKPump, m_chkPump);
    DDX_Control(pDX, IDC_EBWaterVolume, m_ebWaterVolume);
    DDX_Control(pDX, IDC_EBFloodHeight, m_ebFloodHeight);
    DDX_Control(pDX, IDC_EBFloodArea, m_ebFloodArea);
    DDX_Control(pDX, IDC_SLIDERDivTime, m_SlideDivTime);
    DDX_Control(pDX, IDC_EBTime, m_ebTime);
    DDX_Control(pDX, IDC_EBFlood, m_ebFlood);
    DDX_Control(pDX, IDC_SLIDERRealTime, m_SlideRealTime);
    DDX_Control(pDX, IDC_3DVIEWER, m_3DViewer);
    DDX_Text(pDX, IDC_EBFlood, m_strFlood);
    }}}AFX_DATA_MAP
}

```

```

        DDX_Text(pDX, IDC_EBTime, m_strTime);
        DDX_Text(pDX, IDC_EBFloodArea, m_strFloodArea);
        DDX_Text(pDX, IDC_EBFloodHeight, m_strFloodHeight);
        DDX_Text(pDX, IDC_EBWaterVolume, m_strWaterVolume);
        DDX_Text(pDX, IDC_EBFloodVolume, m_strFloodVolume);
    }
BEGIN_MESSAGE_MAP(CDlgRealTime, CDialog)
   //{{AFX_MSG_MAP(CDlgRealTime)
    ON_COMMAND(ID_TBRealTimeFit, OnTBRealTimeFit)
    ON_COMMAND(ID_TBRealTimePan, OnTBRealTimePan)
    ON_COMMAND(ID_TBRealTimeZoomIn, OnTBRealTimeZoomIn)
    ON_COMMAND(ID_TBRealTimeZoomOut, OnTBRealTimeZoomOut)
    ON_COMMAND(ID_TBRealTimeRotate, OnTBRealTimeRotate)
    ON_COMMAND(ID_TBRealTimeFileOpen, OnTBRealTimeFileOpen)
    ON_NOTIFY(NM_RELEASEDCAPTURE, IDC_SLIDERRealTime,
OnReleasedcaptureSLIDERRealTime)
    ON_COMMAND(ID_TBRealTimeFileSave, OnTBRealTimeFileSave)
    ON_COMMAND(ID_TBRealTimeMakeTin, OnTBRealTimeMakeTin)
    ON_COMMAND(ID_TBRealTimeList, OnTBRealTimeList)
    ON_BN_CLICKED(IDC_BUTResult, OnBUTResult)
    ON_BN_CLICKED(IDC_RDBMngBanya, OnRDBMngBanya)
    ON_BN_CLICKED(IDC_RDBMngSuYoung, OnRDBMngSuYoung)
    ON_NOTIFY(NM_RELEASEDCAPTURE, IDC_SLIDERDivTime,
OnReleasedcaptureSLIDERDivTime)
    ON_BN_CLICKED(IDC_CHK Pump, OnCHK Pump)
    ON_BN_CLICKED(IDC_CHK Owl, OnCHK Owl)
    //}}AFX_MSG_MAP
END_MESSAGE_MAP()
BOOL CDlgRealTime::OnInitDialog()
{
    CDialog::OnInitDialog();
    m_dSWVvalue = 0.0;
    OnInitControl();
    return TRUE; // return TRUE unless you set the focus to a control
}
void CDlgRealTime::OnInitControl()
{
    OnInitToolBar();
    OnInitEdit();
    OnInitCombo();
    OnInitOption();
    OnInitSlider();
    OnInitCheck();
    OnInitPumpInfo(); // 펌프 관련 정보
    OnInitOwlInfo(); // 외수위 관련 정보
    OnInitRepRead(); // 외수위 관련 정보
}

```

```

}

void CDlgRealTime::OnInitToolBar()
{
if(!m_wndToolBar.Create(this)||m_wndToolBar.LoadToolBar(IDR_TBRealTime) ){
TRACE0("Failed to create toolbar\n");
return ; // fail to create
}
m_wndToolBar.SetBarStyle(m_wndToolBar.GetBarStyle()|CBRS_TOOLTIPS| CBRS_FLYBY);
RepositionBars(AFX_IDW_CONTROLBAR_FIRST,AFX_IDW_CONTROLBAR_LAST,0);
}
void CDlgRealTime::OnInitEdit()
{
m_strFloodArea.Format(_T("0.0"));
m_ebFloodArea.SetWindowText(m_strFloodArea);
m_strFloodHeight.Format(_T("0.0"));
m_ebFloodHeight.SetWindowText(m_strFloodHeight);
m_strWaterVolume.Format(_T("0.0"));
m_ebWaterVolume.SetWindowText(m_strWaterVolume);
m_strFloodVolume.Format(_T("0.0"));
m_ebFloodVolume.SetWindowText(m_strFloodVolume);
}
void CDlgRealTime::OnInitCombo()
{
m_cmbAmc.InsertString(0,_T("선택"));
m_cmbAmc.InsertString(1,_T("건조"));
m_cmbAmc.InsertString(2,_T("조금 건조"));
m_cmbAmc.InsertString(3,_T("습윤"));
m_cmbAmc.InsertString(4,_T("포화"));
m_cmbAmc.SetCurSel(0);
}
void CDlgRealTime::OnInitOption()
{
OnInitMng();
}
void CDlgRealTime::OnInitMng()
{
CButton* pButton;
pButton = (CButton*)GetDlgItem(IDC_RDBMngBanya);
pButton->SetCheck(0);
pButton = (CButton*)GetDlgItem(IDC_RDBMngSuYoung);
pButton->SetCheck(0);
}
void CDlgRealTime::OnInitSlider()
{
m_SlideRealTime.SetTicFreq(10);
}

```

```

        m_SlideRealTime.SetPageSize(10);
        m_SlideRealTime.SetRangeMin(0);
        m_SlideRealTime.SetRangeMax(100);
        m_SlideRealTime.SetPos(100);
    }
void CDlgRealTime::OnInitCheck()
{
    m_chkPump.SetCheck(0);
    m_chkOwl.SetCheck(0);
}
void CDlgRealTime::OnInitPumpInfo()
{
    m_PumpInfo.RemoveAll();
    if(! m_pDB->PumpSelectQ())
        return ;
    int nRecordCount = m_pDB->m_Result.GetSize();
    CPumpInfo PumpInfo;
    CEtcFunction EtcFunc;
    char    strBuffer[8][100];
    for(int i = 0 ; i < nRecordCount ; i++){
        sscanf(m_pDB->m_Result[i],"%s %s %s %s %s %s %s %s",strBuffer[0]
        ,strBuffer[1],strBuffer[2],strBuffer[3],
        strBuffer[4],strBuffer[5],strBuffer[6],strBuffer[7]);
        PumpInfo.strPumpName.Format("%s",EtcFunc.DeleteNull(strBuffer[0]));
        PumpInfo.strPumpNum.Format("%s",EtcFunc.DeleteNull(strBuffer[1]));
        PumpInfo.strPumpType.Format("%s",EtcFunc.DeleteNull(strBuffer[2]));
            PumpInfo.dvolume = atof(EtcFunc.DeleteNull(strBuffer[4]));
            PumpInfo.dDangerHeight
            =
            atof(EtcFunc.DeleteNull(strBuffer[7]));
        m_PumpInfo.Add(PumpInfo);
    }
    m_nPumpIndex = 0;
}
void CDlgRealTime::OnInitOwlInfo()
{
    m_OwlInfo.RemoveAll();
    if(! m_pDB->OrificeSelectQ())
        return ;
    int nRecordCount = m_pDB->m_Result.GetSize();
    COwlInfo OwlInfo;
    CEtcFunction EtcFunc;
    char    strBuffer[4][100];
    for(int i = 0 ; i < nRecordCount ; i++){
        sscanf(m_pDB->m_Result[i],"%s %s %s %s",strBuffer[0],strBuffer[1]
        ,strBuffer[2],strBuffer[3]);
        OwlInfo.strName.Format("%s",EtcFunc.DeleteNull(strBuffer[0]));
    }
}

```

```

        OwlInfo.dNum = atof(EtcFunc.DeleteNull(strBuffer[1]));
        OwlInfo.dC = atof(EtcFunc.DeleteNull(strBuffer[2]));
        OwlInfo.dA = atof(EtcFunc.DeleteNull(strBuffer[3]));
        m_OwlInfo.Add(OwlInfo);
    }
}
void CDlgRealTime::OnInitRepRead()
{
    CEtcFunction EtcFunc;
    CStringstrFileName=EtcFunc.GetExeFolder()+_T("\\data\\OWL\\beaver.rep");
    CStdioFile fp;
    if(! fp.Open( strFileName, CFile::modeRead )){
        AfxMessageBox("Beaver.dat File을 찾을 수 없습니다. 메뉴얼을
        참조 하십시오.");
        return;
    }
    int nIndex = 0;
    CString strData;
    while(fp.GetPosition() < fp.GetLength()){
        fp.ReadString(strData);
        if(strData.Find(_T("W.S. Elev")) != -1){
            for(int i = 0 ; i < 2 ; i++){
                fp.ReadString(strData);
                while(fp.GetPosition() < fp.GetLength()){
                    fp.ReadString(strData);
                    if(strData.Find(_T("Kentwood")) == -1){
                        nIndex = 0;
                        fp.ReadString(strData);
                    }
                }
                char cTemp[125];
                double dTemp1,dTemp2,dNum,dWsElev;
                sscanf(strData,"%s %lf %lf %lf %lf",cTemp,
                &dNum,&dTemp1,&dTemp2,&dWsElev);
                switch(GetLocationNum(dNum)){
                    case 0: // 반여지구
                        if(m_ABan.GetSize() == nIndex)
                            m_ABan.Add(dWsElev);
                    else
                        m_ABan[nIndex] += dWsElev;
                    break;
                    case 1: // 수영망미 지구
                        if(m_AMang.GetSize() == nIndex)
                            m_AMang.Add(dWsElev);
                    else
                        m_AMang[nIndex] += dWsElev;
                    break;
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        }
        nIndex++;
    }
}
fp.Close();
}
int CDlgRealTime::GetLocationNum(double dNum)
{
    int nCount = m_OwlInfo.GetSize();
    for(int i = 0 ; i < nCount ; i++){
        if(m_OwlInfo[i].dNum == dNum)
            return i;
    }
    return -1;
}
void CDlgRealTime::OnTBRealTimeFileOpen()
{
    CFileDialog dlgFileOpen(TRUE, "rms", NULL, OFN_ALLOWMULTI
SELECT|OFN_FILEMUSTEXIST,
    "RMS Files(*.rms)|*.rms|DXF Files(*.dxf)|*.dxf|ALL Files(*.*)|*.*||",
    NULL);
    if(dlgFileOpen.DoModal() == IDOK){
        m_strFileName = dlgFileOpen.GetPathName();
        m_strFileName.MakeUpper(); // 대문자
        if((m_strFileName.Right(4) != _T(".RMS")) && (m_strFileName.
Right(4) != _T(".DXF"))){
            AfxMessageBox("(*.RMS), (*.DXF)화일만 가능합니다. 다시 선택해 주
세요.");
            return;
        }
        CEtcFunction EtcFunc;
        EtcFunc.DisplayWaitStart();
        InitFileOpen();
        m_3DViewer.GraphicDataRead(m_strFileName);
        TinLayerOn();
        EtcFunc.DisplayWaitEnd();
    }
}
void CDlgRealTime::OnRDBMngBanya()
{
    CButton* pButton;
    pButton = (CButton*)GetDlgItem(IDC_RDBMngBanya);
    if(pButton->GetCheck() == 1){
        CEtcFunction EtcFunc;
        EtcFunc.DisplayWaitStart();
    }
}

```

```

        OnInitEdit();
        InitFileOpen();
        m_strFileName = EtcFunc.GetExeFolder() + _T("\\data\\rms\\반여지
        구.rms");
        m_strFileName.MakeUpper(); // 대문자
        m_3DViewer.GraphicDataRead(m_strFileName);
        TinLayerOn();
        DisplayPumpInfo();
        EtcFunc.DisplayWaitEnd();
    }
}
void CDlgRealTime::OnRDBMngSuYoung()
{
    CButton* pButton;
    pButton = (CButton*)GetDlgItem(IDC_RDBMngSuYoung);
    if(pButton->GetCheck() == 1){
        CEtcFunction EtcFunc;
        EtcFunc.DisplayWaitStart();
        OnInitEdit();
        InitFileOpen();
        m_strFileName = EtcFunc.GetExeFolder() + _T("\\data\\rms\\수영망
        미지구.rms");
        m_strFileName.MakeUpper(); // 대문자
        m_3DViewer.GraphicDataRead(m_strFileName);
        TinLayerOn();
        DisplayPumpInfo();
        EtcFunc.DisplayWaitEnd();
    }
}
void CDlgRealTime::DisplayPumpInfo()
{
    int nCount = m_lstPumpInfo.GetCount();
    for(int i = nCount ; i >= 0 ; i--){
        m_lstPumpInfo.DeleteString(i);
    }
    if(m_strFileName.Right(4) != _T(".RMS")){
        m_lstPumpInfo.AddString(_T("해당 펌프의 정보가 없습니다.));
        return;
    }
    m_nPumpIndex = 0;
    CEtcFunction EtcFunc;
    CString strFileName = EtcFunc.GetFileName(m_strFileName);
    strFileName.Replace(_T(".RMS"), "");
    nCount = m_PumpInfo.GetSize();
    for(i = 0 ; i < nCount ; i++){
        if(m_PumpInfo[i].strPumpName.Find(strFileName) != -1)
            DisplayPumpInfo(i);
    }
}

```

```

    }
}
void CDlgRealTime::DisplayPumpInfo(int nIndex)
{
    m_nPumpIndex = nIndex;
    CString strData;
    strData.Format("*****");
    m_lstPumpInfo.AddString(strData);
    strData.Format("설치지역 : %s",m_PumpInfo[nIndex].strPumpName);
    m_lstPumpInfo.AddString(strData);
    strData.Format("펌프종류 : %s",m_PumpInfo[nIndex].strPumpType);
    m_lstPumpInfo.AddString(strData);
    strData.Format("펌프대수 : %s 대",m_PumpInfo[nIndex].strPumpNum);
    m_lstPumpInfo.AddString(strData);
    strData.Format("펌프용량 : %.2lf",m_PumpInfo[nIndex].dvolume);
    m_lstPumpInfo.AddString(strData);
    strData.Format("*****");
    m_lstPumpInfo.AddString(strData);
}
void CDlgRealTime::InitFileOpen()
{
    m_3DViewer.DataClear();
    m_3DViewer.SetWSValue(0.0);
    m_SlideRealTime.SetPos(100);
    m_dSWVvalue = 0.0;
}
void CDlgRealTime::OnTBRealTimeFit()
{
    m_3DViewer.ViewControlFit();
}
void CDlgRealTime::OnTBRealTimePan()
{
    m_3DViewer.ViewControlPan();
}
void CDlgRealTime::OnTBRealTimeZoomIn()
{
    m_3DViewer.ViewControlZoomIn();
}
void CDlgRealTime::OnTBRealTimeZoomOut()
{
    m_3DViewer.ViewControlZoomOut();
}
void CDlgRealTime::OnTBRealTimeRotate()
{
    m_3DViewer.ViewControlRotate();
}
}

```

```

void CDlgRealTime::TinLayerOn()
{
    if(m_strFileName.Right(4) != _T(".RMS"))
        return;
    int nLayerCount = m_3DViewer.GetLayerCount();
    for(int i = 0 ; i < nLayerCount ; i++){
        CString strLayerName = m_3DViewer.GetLayerName(i);
        if(strLayerName.Right(1) != 'P')
            m_3DViewer.SetLayerOff(i);
        if(strLayerName == _T("RIVERL"))
            m_3DViewer.SetLayerOn(i);
    }
}

void CDlgRealTime::OnReleasedcaptureSLIDERRealTime(NMHDR* pNMHDR,
LRESULT* pResult)
{
    OnInitEdit();
    int nWSValue = 100 - m_SlideRealTime.GetPos();
    m_3DViewer.SetWSValue((double) nWSValue);
    DisplayHightFloodInfo(nWSValue);
    m_SlideDivTime.SetPos(0);
    m_dSWValue = double(nWSValue);
    *pResult = 0;
}

void CDlgRealTime::DisplayHightFloodInfo(int nValue)
{
    m_strFloodHeight.Format("%10.2f",double(nValue));
    m_ebFloodHeight.SetWindowText(m_strFloodHeight);
    m_strFloodArea.Format("%10.2f",m_3DViewer.GetFloodArea(nValue));
    m_ebFloodArea.SetWindowText(m_strFloodArea);

    m_strWaterVolume.Format("%10.2f",m_3DViewer.GetWaterVolume(nValue));
    m_ebWaterVolume.SetWindowText(m_strWaterVolume);
    m_strFloodVolume.Format("%10.2f",m_3DViewer.GetFloodVolume(double
(nValue)));
    m_ebFloodVolume.SetWindowText(m_strFloodVolume);
}

void CDlgRealTime::OnTBRealTimeFileSave()
{
    "RMS Files(*.rms)|*.rms|DXF Files(*.dxf)|*.dxf|ALL Files(*)|*.*||",
    NULL);
    if(dlgFileSave.DoModal() == IDOK){
        CString strFileName;
        strFileName = dlgFileSave.GetPathName();
        strFileName.MakeUpper(); // 대문자
        if(strFileName.Right(4) != _T(".RMS")){

```

```

        AfxMessageBox("(*.RMS) 파일만 가능합니다. 다시 입력해
        주세요.");
        return;
    }
    CEtcFunction EtcFunc;
    EtcFunc.DisplayWaitStart();
    MakeRmsFile(strFileName);
    EtcFunc.DisplayWaitEnd();
}
}
void CDlgRealTime::MakeRmsFile(CString strFileName)
{
    if((m_strFileName.Right(4) != _T(".DXF"))){
        AfxMessageBox("입력 DATA가 (*.DXF)파일만 가능합니다. 다시 확인 후 저장
        해주세요.");
        return;
    }
    int nLayerCount = m_3DViewer.GetLayerCount();
    for(int i = 0 ; i < nLayerCount ; i++){
        CString strLayerName = m_3DViewer.GetLayerName(i);
        if(strLayerName == _T("MADETINP"))
            break;
    }
    if( i == nLayerCount)
        AfxMessageBox("TIN DATA가 구성되지 않았습니다. TIN 구성 후 다
        시 저장해 주세요.");
    else
        m_3DViewer.MakeRms(strFileName);
}
void CDlgRealTime::OnTBRealTimeMakeTin()
{
    if((m_strFileName.Right(4) != _T(".DXF"))){
        AfxMessageBox("입력 DATA가 (*.DXF)파일만 가능합니다. 다시 확인
        후 저장해 주세요.");
        return;
    }
    int nLayerCount = m_3DViewer.GetLayerCount();
    for(int i = 0 ; i < nLayerCount ; i++){
        CString strLayerName = m_3DViewer.GetLayerName(i);
        if(strLayerName == _T("MADETINP"))
            break;
    }
    CEtcFunction EtcFunc;
    EtcFunc.DisplayWaitStart();
    if( i == nLayerCount)
        m_3DViewer.CreateTIN();
}

```

```

        else
            AfxMessageBox("이미 TIN DATA가 구성되어 있습니다.");
        EtcFunc.DisplayWaitEnd();
    }
void CDlgRealTime::OnTBRealTimeList()
{
    CEtcFunction EtcFunc;
    EtcFunc.DisplayWaitStart();
    m_strResult.RemoveAll();
    m_3DViewer.SetWSValue(m_dSWValue);
    int nCount = m_3DViewer.SearchFloodBuild();
    for(int i = 0 ; i < nCount ; i++){
        int nValue = m_3DViewer.GetFloodBuild(i);
        SearchFloodBuild(nValue);
    }
    EtcFunc.DisplayWaitEnd();
    MakeFloodBuildList();
}
void CDlgRealTime::SearchFloodBuild(int nValue)
{
    if(! m_pDB->AddressSelectQ(nValue))
        return ;
    int nRecordCount = m_pDB->m_Result.GetSize();
    for(int i = 0 ; i < nRecordCount ; i++){
        CString strTemp = m_pDB->m_Result[i];
        m_strResult.Add(strTemp);
    }
}
void CDlgRealTime::MakeFloodBuildList()
{
    if(m_strResult.GetSize() == 0){
        AfxMessageBox("침수 예상 건물이 없습니다.");
        return;
    }
    CDlgRealTimeList dlgRealTimeList;
    dlgRealTimeList.m_strResult = &m_strResult;
    dlgRealTimeList.DoModal();
}
void CDlgRealTime::OnBUTResult()
{
    if(! BUTResultCheck())
        return;
    OnInitEdit();
    CEtcFunction EtcFunc;
    EtcFunc.DisplayWaitStart();
    double dHeight = m_3DViewer.GetFloodDeep(GetFloodExtinction());
}

```

```

OnInitSlideDivTime();
int nZValue = int(m_3DViewer.GetMaxElevation());
int nWSValue = int(dHeight * 100 / nZValue);
m_SlideRealTime.SetPos(100 - nWSValue);
m_3DViewer.SetWSValue((double) dHeight);
m_dSWVValue = dHeight;
EtcFunc.DisplayWaitEnd();
}
bool CDlgRealTime::BUTResultCheck()
{
    if(m_strFileName.Right(4) != _T(".RMS")){
        AfxMessageBox("(*.RMS)화일만 가능합니다. RMS 화일을 Display 한 후
        다시 시도해 주세요.");
        return false;
    }
    m_ebFlood.GetWindowText(m_strFlood);
    if(atof(m_strFlood) == 0.0){
        AfxMessageBox("강우량 DATA가 부정확 합니다. 강우량을 정확히 입력해 주세요.");
        return false;
    }
    m_ebTime.GetWindowText(m_strTime);
    if(atof(m_strTime) == 0.0){
        AfxMessageBox("지속시간 DATA가 부정확 합니다. 지속시간을 정확히 입력해 주세요.");
        return false;
    }
    if(m_cmbAmc.GetCurSel() == 0){
        AfxMessageBox("AMC DATA가 부정확 합니다. AMC DATA를 정확히 입력해 주세요.");
        return false;
    }
    return true;
}
void CDlgRealTime::OnReleasedcaptureSLIDERDivTime(NMHDR* pNMHDR, LRESULT* pResult)
{
    int nCount = m_ElevM.GetSize();
    if(nCount == 0)
        return;
    CEtcFunction EtcFunc;
    EtcFunc.DisplayWaitStart();
    int nIndex = int(m_SlideDivTime.GetPos() / 10);
    if(m_chkPump.GetCheck() == 0){
        m_3DViewer.SetWSValue(m_ElevM[nIndex]);
        m_dSWVValue = m_ElevM[nIndex];
    }
}

```

```

    }else{
        m_3DViewer.SetWSValue(m_APElevM[nIndex]);
        m_dSWValue = m_APElevM[nIndex];
    }
    DisplayTimeFloodInfo(nIndex);
    m_SlideRealTime.SetPos(100);
    EtcFunc.DisplayWaitEnd();
    *pResult = 0;
}
void CDlgRealTime::DisplayTimeFloodInfo(int nIndex)
{
    if(m_chkPump.GetCheck() == 0){ // 펌프미적용
        if(m_ElevM[nIndex] < 0.0)
            m_strFloodHeight.Format("0.0");
        else
            m_strFloodHeight.Format("%10.2f",m_ElevM[nIndex]);
        m_ebFloodHeight.SetWindowText(m_strFloodHeight);
        if(m_ElevM[nIndex] < 0.0)
            m_strFloodArea.Format("0.0");
        else

m_strFloodArea.Format("%10.2f",m_3DViewer.GetFloodArea(m_ElevM[nIndex]));
        m_ebFloodArea.SetWindowText(m_strFloodArea);
        if(m_Volume[nIndex] < 0.0)
            m_strWaterVolume.Format("0.0");
        else

m_strWaterVolume.Format("%10.2f",m_Volume[nIndex]);
        m_ebWaterVolume.SetWindowText(m_strWaterVolume);
        double dFloodVolume=m_3DViewer.GetFloodVolume(m_ElevM
[nIndex]);
        if(dFloodVolume < 0.0)
            m_strFloodVolume.Format("0.0");
        else
            m_strFloodVolume.Format("%10.2f",dFloodVolume);
        m_ebFloodVolume.SetWindowText(m_strFloodVolume);
    } else {
        if(m_APElevM[nIndex] < 0.0)
            m_strFloodHeight.Format("0.0");
        else

m_strFloodHeight.Format("%10.2f",m_APElevM[nIndex]);
        m_ebFloodHeight.SetWindowText(m_strFloodHeight);
        if(m_APElevM[nIndex] < 0.0)
            m_strFloodArea.Format("0.0");
        else

```

```

m_strFloodArea.Format("%10.2f",m_3DViewer.GetFloodArea(m_APElevM[nIndex]
));
        m_ebFloodArea.SetWindowText(m_strFloodArea);
        if(m_APVolume[nIndex] < 0.0)
            m_strWaterVolume.Format("0.0");
        else

m_strWaterVolume.Format("%10.2f",m_APVolume[nIndex]);
        m_ebWaterVolume.SetWindowText(m_strWaterVolume);
        double                dFloodVolume                =
m_3DViewer.GetFloodVolume(m_APElevM[nIndex]);
        if(dFloodVolume < 0.0)
            m_strFloodVolume.Format("0.0");
        else
            m_strFloodVolume.Format("%10.2f",dFloodVolume);
        m_ebFloodVolume.SetWindowText(m_strFloodVolume);
    }
}
void CDlgRealTime::OnInitSlideDivTime()
{
    int nCount = m_Volume.GetSize();
    m_SlideDivTime.SetTicFreq(10);
    m_SlideDivTime.SetPageSize(10);
    m_SlideDivTime.SetRangeMin(0);
    m_SlideDivTime.SetRangeMax(int(nCount*10));
    m_SlideDivTime.SetPos(0);
}
double CDlgRealTime::GetFloodExtinction()
{
    OnInitExecuteFlood();
    ExecuteFlood();
    CalWaterElevation();
    return m_Volume[0];
}
void CDlgRealTime::OnInitExecuteFlood()
{
    m_ebTime.GetWindowText(m_strTime);
    double dTotalTime = double(int(atof(m_strTime) * 60. / 10) * 10); //
시 -> 분
    m_ebFlood.GetWindowText(m_strFlood);
    double dTotalWater = atof(m_strFlood);
    m_HuffInfo[0].st = 0.0;
    m_HuffInfo[0].et = dTotalTime * 0.1; // 10 %
    m_HuffInfo[0].Ratio = 4.4 * dTotalWater / 100.;
    m_HuffInfo[1].st = m_HuffInfo[0].et;
    m_HuffInfo[1].et = dTotalTime * 0.2; // 20 %
}

```

```

m_HuffInfo[1].Ratio = 8.2 * dTotalWater / 100.;
m_HuffInfo[2].st = m_HuffInfo[1].et;
m_HuffInfo[2].et = dTotalTime * 0.3; // 30 %
m_HuffInfo[2].Ratio = 15.3 * dTotalWater / 100.;
m_HuffInfo[3].st = m_HuffInfo[2].et;
m_HuffInfo[3].et = dTotalTime * 0.4; // 40 %
m_HuffInfo[3].Ratio = 20.5 * dTotalWater / 100.;
m_HuffInfo[4].st = m_HuffInfo[3].et;
m_HuffInfo[4].et = dTotalTime * 0.5; // 50 %
m_HuffInfo[4].Ratio = 20.0 * dTotalWater / 100.;
m_HuffInfo[5].st = m_HuffInfo[4].et;
m_HuffInfo[5].et = dTotalTime * 0.6; // 60 %
m_HuffInfo[5].Ratio = 13.6 * dTotalWater / 100.;
m_HuffInfo[6].st = m_HuffInfo[5].et;
m_HuffInfo[6].et = dTotalTime * 0.7; // 70 %
m_HuffInfo[6].Ratio = 7.7 * dTotalWater / 100.;
m_HuffInfo[7].st = m_HuffInfo[6].et;
m_HuffInfo[7].et = dTotalTime * 0.8; // 80 %
m_HuffInfo[7].Ratio = 4.5 * dTotalWater / 100.;
m_HuffInfo[8].st = m_HuffInfo[7].et;
m_HuffInfo[8].et = dTotalTime * 0.9; // 90 %
m_HuffInfo[8].Ratio = 3.6 * dTotalWater / 100.;
m_HuffInfo[9].st = m_HuffInfo[8].et;
m_HuffInfo[9].et = dTotalTime * 1.0; // 100 %
m_HuffInfo[9].Ratio = 2.2 * dTotalWater / 100.;
}
void CDlgRealTime::ExecuteFlood()
{
    m_ebTime.GetWindowText(m_strTime);
    int nTotalTime = int(atof(m_strTime) * 60. / 10); // 시 -> 분
    m_ebFlood.GetWindowText(m_strFlood);
    CEtcFunction EtcFunc;
    CString strInputFile, strInputTemp;
    switch(GetDistrict()){
        case 1:
            strInputFile = EtcFunc.GetExeFolder() + _T("\\data\\flood\\floodb.dat");
            strInputTemp = EtcFunc.GetExeFolder() + _T("\\data\\flood\\flood.dat");
            break;
        case 2:
            strInputFile = EtcFunc.GetExeFolder() + _T("\\data\\flood\\floods.dat");
            strInputTemp = EtcFunc.GetExeFolder() + _T("\\data\\flood\\flood.dat");
            break;
    }
    CStdioFile fp1, fp2;
    if(! fp1.Open( strInputFile, CFile::modeRead )){
        AfxMessageBox("Flood Input File을 찾을 수 없습니다. 메뉴얼을 참조

```

```

하십시오.");
        return;
    }
    if(! fp2.Open( strInputTemp, CFile::modeCreate | CFile::modeWrite )){
    AfxMessageBox("Flood Input File을 생성할 수 없습니다. 메뉴얼을 참조
하십시오.");
        return;
    }
    CString strData;
    while(fp1.GetPosition() < fp1.GetLength()){
        fp1.ReadString(strData);
        fp2.WriteString(strData + _T("\n"));
        if(strData.Find(_T("Mononobe time distribution")) != -1){
            for(int i = 0 ; i < 2 ; i++){
                fp1.ReadString(strData);
                fp2.WriteString(strData + _T("\n"));
            }
            fp1.ReadString(strData);
            char cTemp[10][10];
            sscanf(strData,"%s %s %s %s %s %s %s %s"
,cTemp[0],cTemp[1],cTemp[2],cTemp[3],cTemp[4],
cTemp[5],cTemp[6],cTemp[7]);
            int nCount;
            if((atof(cTemp[1]) / 10.) == (atoi(cTemp[1]) / 10))
                nCount = atoi(cTemp[1]) / 10;
            else
                nCount = atoi(cTemp[1]) / 10 + 1;
            for(i = 0 ; i < nCount ; i++){
                fp1.ReadString(strData);
                sprintf(cTemp[1],"%d",nTotalTime+1); // 강우량 개수
                sprintf(cTemp[4],"%d",nTotalTime * 10);
                sprintf(cTemp[7],"%d",m_cmbAmc.GetCurSel());
                strData.Format("% 10s% 10s% 10s% 10s% 10s%
10s%10s%10s\n",cTemp[0],cTemp[1],cTemp[2],
cTemp[3],cTemp[4],cTemp[5],m_strFlood,cTemp[7]);
                fp2.WriteString(strData);
                strData = _T("");
            }
            CString strTemp;
            for(i = 0 ; i < nTotalTime+1 ; i++){
                double dNewWater = GetNewWaterPerMin(i * 10);
                strTemp.Format("%8.2lf",dNewWater);
                strData = strData + strTemp;
                if((i != 0) && ((i % 9) == 0)){
                    strData = strData + _T("\n");
                    fp2.WriteString(strData);
                    strData = _T("");
                }
            }
        }
    }
}

```

```

        }
    }
    if(strData.GetLength() != 0){
        strData = strData + _T("\n");
        fp2.WriteString(strData);
        strData = _T("");
    }
}
}
fp1.Close();
fp2.Close();
CString strExeName=EtcFunc.GetExeFolder()+ _T("\\data\\flood\\flood.
exe");
CString strOldFolder = EtcFunc.GetCurrentFolder();
CString strCurrentFolder=EtcFunc.GetExeFolder()+_T("\\data\\flood");
EtcFunc.SetCurrentFolder(strCurrentFolder);
FloodExecute(strExeName);
CString strDelFile=EtcFunc.GetExeFolder()+_T("\\data\\flood\\ILLUDA
S.S");
DeleteFile(strDelFile);
EtcFunc.SetCurrentFolder(strOldFolder);
}
void CDlgRealTime::FloodExecute(CString strExeName)
{
    SHELLEXECUTEINFO sei;
    ZeroMemory(&sei, sizeof(SHELLEXECUTEINFO));
    sei.cbSize = sizeof(SHELLEXECUTEINFO);
    sei.lpFile = strExeName;
    sei.lpVerb = _T("open");
    sei.nShow = SW_HIDE;
    sei.fMask = SEE_MASK_NOCLOSEPROCESS;
    ShellExecuteEx(&sei);
    ::WaitForSingleObject(sei.hProcess, INFINITE);
}
int CDlgRealTime::GetDistrict()
{
    CButton* pButton;
    pButton = (CButton*)GetDlgItem(IDC_RDBMngBanya);
    if(pButton->GetCheck() == 1)
        return 1;
    pButton = (CButton*)GetDlgItem(IDC_RDBMngSuYoung);
    if(pButton->GetCheck() == 1)
        return 2;
    return 0;
}
double CDlgRealTime::GetNewWaterPerMin(int nValue)

```

```

{
    if(nValue == 0)
        return 0.0;
    m_ebTime.GetWindowText(m_strTime);
    int nTotalTime = int(atof(m_strTime) * 60. / 10);
    for(int i = 0 ; i < 10 ; i ++){
        if((m_HuffInfo[i].st <= nValue) && (m_HuffInfo[i].et >= nValue))
            break;
    }
    double dTotalValue;
    int nResult1 = int(nValue - m_HuffInfo[i].st);
    if(nResult1 > 10)
        return 10 * m_HuffInfo[i].Ratio / nTotalTime;
    dTotalValue = nResult1 * m_HuffInfo[i].Ratio / nTotalTime;
    int nResult2 = 10 - nResult1;
    int nCount = nResult2 / nTotalTime;
    for(int j = 0 ; j < nCount ; j++){
        dTotalValue = dTotalValue + m_HuffInfo[--i].Ratio;
        nResult2 = nResult2 - nTotalTime;
    }
    dTotalValue=dTotalValue+(nResult2*m_HuffInfo[--i].Ratio/
    nTotalTime);
    return dTotalValue;
}
void CDlgRealTime::CalWaterElevation()
{
    m_Volume.RemoveAll();
    m_OElevM.RemoveAll();
    m_OVVolume.RemoveAll();
    CEtcFunction EtcFunc;
    CString strOutputFile;
    strOutputFile= EtcFunc.GetExeFolder()+ _T("\\data\\flood\\flood.out");
    CStdioFile fp;
    if(! fp.Open( strOutputFile, CFile::modeRead )){
        AfxMessageBox("Flood Output File을 찾을 수 없습니다. 메뉴얼을 참조
        하십시오.");
        return;
    }
    int nIndex = 0;
    double dVolume[10];
    CString strData;
    while(fp.GetPosition() < fp.GetLength()){
        fp.ReadString(strData);
        if(strData.Find(_T("Outfall Hydrograph in cms")) != -1){
            nIndex = 0;
            fp.ReadString(strData);

```

```

    }
    for(int i = 0 ; i < 10 ; i++)
        dVolume[i] = 0.0;
    sscanf(strData,"%lf %lf %lf %lf %lf %lf %lf %lf %lf %lf
    %lf",&dVolume[0],&dVolume[1],&dVolume[2],&dVolume
    [3],&dVolume[4],&dVolume[5],&dVolume[6],&dVolume[7],
    &dVolume[8],&dVolume[9]);
    for(i = 0 ; i < 10 ; i++){
        if(dVolume[i] >= 0.0){
            if(m_Volume.GetSize() != nIndex)
                m_Volume[nIndex]= m_Volume[nIndex] + dVolume[i];
            else
                m_Volume.Add(dVolume[i]);
            nIndex ++;
        }
    }
}
fp.Close();
m_ElevM.RemoveAll(); // H
int nVolumeCount = m_Volume.GetSize();
for(int j = 0 ; j < nVolumeCount ; j++){
    double dEleV = m_3DViewer.GetFloodDeep(m_Volume[j]);
    m_ElevM.Add(dEleV);
    m_OElevM.Add(dEleV);
    m_OVolume.Add(m_Volume[j]);
}
}
double CDlgRealTime::GetFloodDeep()
{
    m_ElevM.RemoveAll();
    m_Volume.RemoveAll();
    OnInitExecuteFlood();
    double dTotalArea = m_3DViewer.GetTotalLandArea();
    double dBuildArea = m_3DViewer.GetBuildArea();
    m_ebTime.GetWindowText(m_strTime);
    int nTotalTime = int(atof(m_strTime) * 60. / 10); // 시 -> 분
    m_ebFlood.GetWindowText(m_strFlood);
    double dTotalWater = atof(m_strFlood);
    double dNewWater = 0.0;
    for(int i = 0 ; i < nTotalTime+1 ; i++){
        dNewWater = dNewWater + GetNewWaterPerMin(i * 10); *
        ((dNewWater/(i * 10)) * 60) * (dTotalArea / 1000000.);
        m_Volume.Add(dHeight);
        double dVolume = m_3DViewer.GetFloodDeep(dHeight);
        m_ElevM.Add(dVolume);
    }
}

```

```

        ApplyPump();
        return m_ElevM[0];
    }
double CDlgRealTime::GetConstantValue()
{
    m_ebFlood.GetWindowText(m_strFlood);
    double dTotalWater = atof(m_strFlood);
    double dT = 0.833 * (2.39 / pow(0.17,0.6)) / 60;
    double dR = (dTotalWater / 24) * pow((24 / dT),2/3);
    return dR;
}
void CDlgRealTime::ApplyPump()
{
    m_APElevM.RemoveAll();
    m_APVolume.RemoveAll();
    int nIndex = 0;
    double dElevM = 0.0;
    int nStart = -1,nEnd = -1;
    int nCount = m_ElevM.GetSize();
    for(int i = 0 ; i < nCount ; i++){
        m_APElevM.Add(m_ElevM[i]);
        m_APVolume.Add(m_Volume[i]);
        double k1 = m_ElevM[i];
        if(m_PumpInfo[m_nPumpIndex].dDangerHeight < m_ElevM[i]){
            if(nStart == -1)
                nStart = i - 1;
        }
        if(dElevM < m_ElevM[i]){
            nIndex = i;
            dElevM = m_ElevM[i];
        }
        if(m_PumpInfo[m_nPumpIndex].dDangerHeight > m_ElevM[i]){
            if((nStart != -1) && (nEnd == -1))
                nEnd = i;
        }
    }
    if(nStart == -1)
        return;
    if(nEnd == -1)
        nEnd = nCount - 1;
    int nPumpNum = atoi(m_PumpInfo[m_nPumpIndex].strPumpNum);
    double dVolume,dHeight;
    for(i = 0 ; i < nPumpNum + 1 ; i++){
        dVolume=m_Volume[nIndex]-(m_PumpInfo[m_nPumpIndex].dVolume*10*(i+ 1));
        dHeight = m_3DViewer.GetFloodDeep(dVolume);
        if(m_PumpInfo[m_nPumpIndex].dDangerHeight > dHeight)

```

```

                break;
            }
        if(i == (nPumpNum + 1))
            m_nPumpNum = -1;
        m_nStartTime = nStart * 10;
        m_nEndTime = nEnd * 10;
        m_nPumpNum = i + 1;
        for(i = nStart ; i <= nEnd ; i++){
            double k = m_Volume[i];
            dVolume=m_Volume[i]-((m_PumpInfo[m_nPumpIndex].dvolume*10)*
            m_nPumpNum);
            m_APVolume[i] = dVolume;
            dHeight = m_3DViewer.GetFloodDeep(dVolume);
            m_APElevM[i] = dHeight;
        }
    }
}
void CDlgRealTime::OnCHKPump()
{
    if(! BUTResultCheck()){
        m_chkPump.SetCheck(0);
        return;
    }
    CString strData;
    if(m_chkPump.GetCheck() == 0)
        return;
    m_nStartTime = -1;
    m_nEndTime = -1;
    CEtcFunction EtcFunc;
    EtcFunc.DisplayWaitStart();
    ApplyPump();
    EtcFunc.DisplayWaitEnd();
    int nCount = m_lstPump.GetCount();
    for(int i = nCount ; i >= 0 ; i--){
        m_lstPump.DeleteString(i);
    }
    if(m_nStartTime == -1)
        return;
    if(m_nPumpNum == -1){
        strData.Format("*****");
        m_lstPump.AddString(strData);
        strData.Format("** 펌프 용량 초과 **");
        m_lstPump.AddString(strData);
        strData.Format("*****");
        m_lstPump.AddString(strData);
        return;
    }
    strData.Format("*****");
}

```

```

        m_lstPump.AddString(strData);
        strData.Format("가동펌프 대수 : %d",m_nPumpNum);
        m_lstPump.AddString(strData);
        strData.Format("펌프가동 시작 : %d분",m_nStartTime);
        m_lstPump.AddString(strData);
        strData.Format("펌프가동 종료 : %d분",m_nEndTime);
        m_lstPump.AddString(strData);
        strData.Format("*****");
        m_lstPump.AddString(strData);
    }
    void CDlgRealTime::OnCHKOwl()
    {
        if(! BUTResultCheck()){
            m_chkOwl.SetCheck(0);
            return;
        }
        CEtcFunction EtcFunc;
        EtcFunc.DisplayWaitStart();
        if(m_chkOwl.GetCheck() == 1){
            switch(GetDistrict()){
                case 1: ApplyBanOwl();
                    break;
                case 2: ApplySuOwl();
                    break;
            }
        }
        }else{
            if (m_OElevM.GetSize() == 0)
                return;
            int nCount = m_OElevM.GetSize();
            for(int i = 0 ; i < nCount ; i++){
                m_ElevM[i] = m_OElevM[i];
                m_Volume[i] = m_OVolumem[i];
            }
        }
        EtcFunc.DisplayWaitEnd();
        ApplyPump();
    }
    int CDlgRealTime::GetOwlIndex(CString strData)
    {
        int nCount = m_OwlInfo.GetSize();
        for(int i = 0 ; i < nCount ; i++){
            if(m_OwlInfo[i].strName.Find(strData) != -1)
                return i;
        }
        return -1;
    }
}

```

```

void CDlgRealTime::ApplyBanOwl()
{
    int nCount = m_OElevM.GetSize();
    int nOwlIndex = GetOwlIndex(_T("반여"));
    double dVolume = 0.0;
    for(int i = 0 ; i < nCount ; i++){
        double k1 = m_OElevM[i];
        double k2 = m_ABan[i];
        if(m_OElevM[i] > m_ABan[i]){
            dVolume=m_OwlInfo[nOwlIndex].dC*m_OwlInfo[nOwlIndex].dA*
            sqrt(2*9.8*(m_OElevM[i] - m_ABan[i]));
            m_Volume[i] = m_OVolume[i] - dVolume;
            m_ElevM[i]=m_3DViewer.GetFloodDeep(m_Volume[i]);
        }
    }
}

void CDlgRealTime::ApplySuOwl()
{
    int nCount = m_OElevM.GetSize();
    int nOwlIndex = GetOwlIndex(_T("수영망미"));
    double dVolume = 0.0;
    for(int i = 0 ; i < nCount ; i++){
        double k1 = m_OElevM[i];
        double k2 = m_AMang[i];
        if(m_OElevM[i] > m_AMang[i]){

            dVolume=m_OwlInfo[nOwlIndex].dC*m_OwlInfo[nOwlIndex].dA*
            sqrt(2*9.8*(m_OElevM[i] - m_AMang[i]));
            m_Volume[i] = m_OVolume[i] - dVolume;
            m_ElevM[i]=m_3DViewer.GetFloodDeep(m_Volume[i]);
        }
    }
}

```

감사의 글

턱없이 부족한 저를 성실하게 살아가면 된다는 말씀으로 희망과 꿈을 심어주시고, 이 논문을 완성하기까지 지도와 격려를 아끼지 않으시며 아버지와 같은 따뜻한 마음으로 지금까지 이끌어 주시고 이처럼 크신 은혜를 베풀어주신 김상용 지도교수님께 고개 숙여 깊은 감사를 드립니다.

본 논문이 완성되기까지 심사해 주시고 세밀한 검토와 지도조언을 하여주신 이종출 교수님, 석사논문부터 박사논문까지 관심과 사랑으로 심사해 주신 손인식 교수님, 이영대 교수님, 그리고 바쁘신 중에도 학교까지 왕립하시면서 심사해주신 서진호 박사님께 진심으로 감사를 드립니다. 또한 항상 곁에서 많은 지도와 격려를 아끼지 않으신 부경대학교 토목공학과 교수님께 감사드립니다.

환경수리연구실에서 동고동락하며 미래의 희망을 찾아 연구를 같이하면서 시간과 싸우며 뜻을 한곳에 모아온 이근철, 이정민, 김태훈, 홍원표, 김행아, 조용재, 채종훈, 육승우, 박소연, 조희호 후배님들께 진심으로 감사한 마음을 전하며, 사회에 계시더라도 연구를 계속하시어 본인께서 가지고 계신 꿈을 힘껏 펼치시길 기원드립니다. 그리고 좋은 분위기 속에서 연구를 할 수 있도록 곁에서 도와주신 환경수리연구회 회원님들에게도 깊은 감사를 드리며, 기다림에 지치지 않고 격려해주며 등을 두들겨 주신 몽치회 회원여러분에게도 감사를 전합니다. 또 지치지 말고 어긋남이 없도록 열심히 하라고 조언을 해주신 토우회 회원여러분께도 감사드립니다.

본 논문을 완성하기 위하여 바쁘신 중에도 서울에서 부산까지 오랜 기간동안 출장을 와서 도와주신 김선국 님에게 정말 감사를 드리며, 수년동안 연구가 이루어 질 수 있도록 큰 도움을 주신 고진지리정보의 김남진 사장님께 감사드립니다. 그리고 논문의 프로그램을 완성할 수 있도록 도와주신 맵앤유익 김상연 사장님, 권기대 과장님, 박용서 과장님, 고진지리정보의 임은섭 과장님, 쓰리지코어의 문영섭 과장님, 지오스톰의 안경자 이사님, 안경진 대리님께도 감사드립니다. 또한 논문의 검증을 위하여 실측치 및 자료를 수집하는데 도움을 주신 강서구청의 강창업 국장님, 길평엔지니어링의 김균태 이사님, 김영환 과장님, 김남기 주임께 감사드립니다. 그리고 곁에서 연구가 원활하게 진행될 수 있도록 지원을 아끼지 않

으신 천진엔지니어링의 박상주 이사님에게 감사를 드리며, 항상 반가움으로 맞아 주시고 도움을 많이 주신 김동근 부장님, 노두성 부장님께 감사드립니다.

지금까지의 과정에서 힘든 일들을 잘 헤쳐나갈 수 있도록 친 형님처럼, 또 동기처럼 옆에서 이야기 해주시며 한 연구실의 실장으로 열심히 살아갈 수 있도록 도와주신 서동주 박사님께 감사를 드리며, 가끔 지친 나의 어깨를 들어주며 힘을 실어준 동기 태호에게도 감사를 전합니다. 박사과정에 같이 입학하여 먼저 논문을 쓰게 되어 동기인 김우식, 서정훈, 장호식, 이병길 님에게 미안한 마음이 먼저 들지만 지금의 연구를 계속하시어 좋은 논문을 쓰시길 진심으로 기원드립니다.

본 논문이 끝날 때까지 아버지 역할로 저에게 필요이상까지 모든 것을 해주신 큰 형님, 그리고 그 옆에서 아쉬움 하나 없이 챙겨주신 큰 형수님께 감사를 드리며, 항상 깊은 마음으로 힘을 주신 작은 형님과 작은 형수님께 감사드립니다. 또한 멀리서나마 응원을 아끼지 않으신 큰 누님과 큰 매형, 작은 누님과 작은 매형, 이한섭 형님에게도 감사드리며, 가까이에서 용기와 현명한 선택을 할 수 있도록 도와주신 서유미 님에게도 깊은 감사를 전합니다.

끝으로 오래 전부터 타지에 나가 고생하는 아들과 딸들을 걱정하시면서 추운 겨울에도 리어카를 끌며 진정한 희생과 성실함을 가르쳐 주신 어머니와 꿈에서 가끔 뵈 수 있는 하늘에 계신 아버지께 이 논문을 바칩니다.

저에게 은혜와 사랑을 베풀어주신 모든 분들에게 감사하는 마음으로 항상 최선을 다하며 살겠습니다.

2003년 7월

정인주 올림