

공학석사 학위논문

지리정보체계를 이용한 CN산정시스템 구축

지도교수 김 산 용

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함



2004년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

토 목 공 학 과

채 종 훈

채종훈의 공학석사 학위논문을 인준함

2003년 12월 26 일

주 심 공 학 박 사 이 중 출



위 원 공 학 박 사 이 상 호



위 원 공 학 박 사 김 상 용



목차

표차례	vi
그림차례	vii
Abstract	viii
제 1 장 서론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
1.2 연구동향	3
1.3 연구방법	5
제 2 장 이론적고찰	7
2.1 SCS-CN방법	7
2.1.1 기본이론	7
2.1.2 수문학적 토양 피복군	9
2.1.3 유출곡선지수	10
2.1.4 선행토양함수조건	13
2.2 GIS와 자료처리기법	15
2.2.1 지리정보시스템의 자료	15
2.2.2 GIS의 발달 과정과 현황	16
2.2.3 GIS의 자료처리기법	19
2.3 자료의 압축 및 저장기법	21
2.3.1 Run-length code 기법	21
2.3.2 Quadtree 기법	21
2.3.3 Block code 기법	23
2.3.4 Chain code 기법	23

제 3 장 적용대상유역의 자료분석	24
3.1 연구대상유역	24
3.1.1 지형분석	25
3.1.2 지질분석	26
3.1.3 설마천 산림 및 토양	27
3.2 수문인자 및 GIS 응용	29
3.2.1 수문자료	29
3.2.2 고도분석 (Tin)	29
3.2.3 고도별 면적분석 (DEM)	30
3.2.4 CN 분석	30
3.3 등시간선도 작성	33
3.4 등시간선별 유출량 산정	35
3.4.1 Clark 방법에 의한 유출량 산정	35
3.4.2 각 등시간별 유출량 산정결과 비교	37
 제 4 장 CN 및 하천유출량 산정시스템 구축	 38
4.1 Quadtree기법을 이용한 CN자료의 압축 및 저장	38
4.2 Avenue script에 의한 CN	40
4.3 Arcview에 의한 CN 산정시스템 구축	42
4.4 하천유출량 산정시스템	46
4.5 하천유출량 산정시스템에서의 유출량 구축도 작성	48
 제 5 장 결론	 49
참고문헌	50
부록	54

표 차례

표 1 수문학적 토양군	10
표 2 토양 피복군별 유출곡선지수 (AMC-II, $I_a = 0.2S$)	11
표 3 토양 피복군별 유출곡선지수 (AMC-II, $I_a = 0.2S$) (계속)	12
표 4 도시지역 불투수토양에서의 CN값 (AMC-II 조건)	13
표 5 선행강우량의 크기에 따른 선행함수조건	13
표 6 설마천유역의 지형 특성인자	26
표 7 설마천유역의 평균유출곡선지수 (AMC-II 조건)	28
표 8 대상유역의 강우, 유출자료	29
표 9 설마천 유역의 CN	31
표 10 CN 산정 코드표 (quadtree를 이용한 code부여)	39
표 11 메뉴바의 기능	47

그림 차례

그림 1 모형수행도	6
그림 2 Quadtree모형을 이용한 데이터 표현	22
그림 3 설마천 유역도	24
그림 4 설마천유역의 거리별 표고 및 유로경사	25
그림 5 설마천 시험 유역도(TIN)	30
그림 6 격자크기에 따른 CN변화	32
그림 7 설마천 중첩도(토양도+토지이용도)	32
그림 8 이론적인 방법에 의한 등시간선	33
그림 9 임의의 방법으로 작성한 등시간선	34
그림 10 등거리간격으로 작성한 등시간선	34
그림 11 각 등시간선도 작성법에 따른 수문곡선	37
그림 12 Summarize code 과정	39
그림 13 Avenue Script	41
그림 14 메인 화면의 실행아이콘 및 메뉴바	42
그림 15 Arcview shape overlay 과정	43
그림 16 Arcview summarize field 및 convert grid 과정	44
그림 17 Arcview에 의한 CN s-code 완성	45
그림 18 메인화면	46
그림 19 메뉴바 항목	47
그림 20 아이콘바 항목	47
그림 21 홍수유출량 구축도	48

Construction of the Curve Number Estimation System Using Geographic Information System

Jong-Hun, Chae

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

Abstract

The current combining of computer and geographic information technology. The result of such research on determinate objective factors of hydrologic-topographical parameters through joining hydrology and GIS(Geographic Information System).

In this study, we wish to offer the base data to determinate hydrologic-topographical parameters request of runoff model analysis in this basin.

First, we computed the CN(curve number) by using GIS, and then classify the digital map of soil group and landuse on the Sulma river basin. Second, we used Avenue Script to calculate the height of efficient GIS work before using the Clark model to work out flood runoff flow. Finally, we built a Curve Number Estimation System and then using the Quadtree technology and Avenue Script.

In this study show that the most optimum size in case of $50\text{m} \times 50\text{m}$ cell size the result of computing the CN, according to a cell size.

제 1 장 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 지리정보체계(geographic information system; GIS)는 지형을 분석할 수 있는 도구로써 많은 활용도를 가지고 있다. 지형분석은 등고선을 이용하여 수계의 유역을 찾는 데 응용될 수 있으며, 수계의 방향을 결정할 수 있다. 또한 지형 또는 고도분석(elevation analysis)기술은 횡단면을 계산하고, 고도의 변화인 경사와 경사면이 향하고 있는 방향을 결정하는 기능도 포함하고 있다. 경사는 래스터 시스템에서 셀과 주변의 오르막을 셀 간 고도의 차이를 계산함으로써 얻어지며 격자구조는 동일한 크기의 격자로 이루어진다. 일정한 형태의 지형을 이루는 격자는 여러 개의 연결된 격자로 표시되고, 격자구조에 있어서 격자의 크기는 매우 중요하다. 격자의 크기에 따라 분석된 수문지형인자들의 값이 차이가 있기 때문에 수문학적인 부분에서도 격자의 크기가 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 격자의 크기가 작을수록 나타낼 수 있는 객체의 형태가 많아지고 표현되는 자료는 보다 상세하지만 컴퓨터에 입력되는 자료의 양이 급격히 늘어남에 따라 자료의 처리와 분석에 많은 시간이 걸리는 단점이 있다.

이와 같이 GIS와 수문학은 자연스럽게 결합을 할 수 있으며 수문학과 의 연관성은 수문모형의 설계 및 검증 등의 작업에 도움을 주고 있다. 수 자원 분야에서는 홍수피해에 대하여 수리·수문학적 개념과 지리정보시스템을 연계하여 대책을 찾고 있다. 이처럼 GIS는 수자원 분야에서 새로운 가능성으로 제시되고 있으며, 공간자료를 분석할 수 있는 도구로서 수문분석을 하는데 큰 도움을 주고 있다.

본 연구에서는 GIS를 이용한 지형고도분석을 통하여 대상 유역의 표고, 면적, 유출곡선지수(curve number; CN)값을 추출하는데 있어 많은 시

간이 소요된다. 설마천 유역에서의 토지이용도 및 토양도를 분류·선정한 후 GIS의 분석기법 중 격자의 중첩분석을 이용하여 유출모형의 매개변수인 CN을 산정하였다. CN산정 과정 중 분석과정에서 가장 적당한 격자크기를 규명하고 표고, 면적, CN을 계산하였다. 또한 Arcview의 Avenue script를 이용하여 CN 산정 시간을 더욱 단축시킬 수 있는 Arcview 시스템을 구축하였다.

1.2 연구동향

기상이변으로 인한 강우사상의 불확실성과 급격한 도시화에 따른 도로의 노면과 지하매설물 등에 의한 불투수층의 발생은 유출량을 산정하여 재해에 대비하는데 많은 어려움을 주고 있다. 이러한 어려움을 GIS를 이용한 지형분석을 통하여 인력 및 효율을 증진시키고자 하는 연구가 진행되고 있다.

기존에는 유역에 대하여 지형인자와 수문학적 매개변수를 도면이나 실측을 통하여 수작업 및 간단한 수식으로 도출하였으나, 이는 인력낭비와 함께 시간적 측면에서도 매우 비효율적이며 추출된 자료의 신뢰성도 관측자와 작업자의 수준에 따라 크게 변하는 실정이다. 따라서 GIS를 이용하여 재해관리를 하는 국외의 경우를 살펴보면 현재 수문학적 지형인자에 대한 연구가 이루어지고 있는 국내의 경우를 살펴보면 먼저 국외의 경우 Philip(1998) 등에 의하면 RS와 레이다, GIS를 이용하여 침수지역에서의 빈도별 홍수량을 DEM을 이용하여 격자와 네트워크 분석을 통한 침수지역 모델링에 관한 연구를 하였다. Werner(2001)에 의하면 격자크기의 영향에서 1차원 흐름 모델을 이용한 GIS기반의 침수지도에 관한 연구를 통하여 격자를 통한 역방향거리 보정방법과 1차원 흐름모델을 통하여 수위를 계산하여 침수지역의 침수심 산정에 관하여 연구하였다. Sinnakaudan(2003) 등에 따르면 파리강에서의 부유사수송을 위한 홍수위험도계획에 관한 연구에서는 유사수송에 관해서 HEC-6와 ArcGIS의 시스템 통합에 관한 연구를 하였다.

Jean-Marc(2002) 등에 의하면 농장식물에 따른 홍수위험도에 관한 연구에서는 숲이 농장으로 변화하면서 식생피복의 변화에 따른 홍수량의 변화를 조사하여 이에 따른 홍수위험도에 관한 연구를 하였다. Kent(2001) 등에 따르면 저지대 벼의 성장기간과 홍수심의 영향에 관한 연구에서 벼의 성장이 홍수심에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 연구를 한 바 있다.

국내의 경우 조기성(1999) 등은 GIS를 이용한 유역지형인자 및 CN추출 기법 연구에서는 HEC-PrePro 모형을 Arcview Extention을 이용하여 GIS 레이어로부터 토지이용상태를 추출하여 토양도와 중첩한 후 CN 추출에 관한 연구를 하였다. 안승섭(1999) 등은 위성 영상을 이용한 평균 유출수 산정에 관한 연구에서 위성영상을 이용한 유역의 토지피복상태를 분석하여 그 결과를 하천유역의 홍수유출해석 및 유역관리에 적용하고자 하는 연구를 하였다. 또한 조용재(2003) 등은 GIS를 이용한 유출모형의 매개변수 추정에 관한 연구에서 CN 추정에 있어서 등시간선도의 작성방법에 따른 유출량의 변화와 CN을 GIS기법으로 산정한 바 있으며, 육승우(2003) 등은 수영강 유역의 토지이용도 및 토양도를 분류·선정한 후 GIS를 이용하여 CN 계산에 관한 연구를 하였다. 김경탁(2003) 등은 정밀토양도를 이용한 CN 산정에 대한 제안에 관한 연구에서 CN의 국내적용 방법에 관하여 정밀토양도를 이용함에 있어 바람직한 방향을 제시한 바 있다.

1.3 연구방법

본 연구의 수행방법은 그림 1에서 보는 바와 같이 수행되었으며 각 방법별로 작업을 수행하여 작업의 수행속도와 효율적인 면을 비교하였다. 수작업의 경우 토지이용도와 토양도를 구비한 후 구적기에 의한 면적을 계산하였으며 각 면적을 합산하여 CN을 계산하였다. GIS작업의 경우 토지이용도와 토양도의 수치지도를 구비한 후 shape파일을 변환하였으며 Quadtree기법으로 토지이용상태와 토양군의 속성을 분류하여 각각 10×10 에서 100×100 까지 격자크기별 grid로 변환하였다. 변환된 grid파일을 중첩분석을 통하여 토지이용상태와 토양군의 속성이 합쳐진 CN 코드(code)가 분류되어 CN이 결정된다.

본 논문에서 개발한 Avenue를 이용한 GIS작업의 경우 자료의 저장압축기법인 Quadtree기법에 의한 속성분류까지의 작업은 GIS작업과 동일하며 격자크기별 grid변환과 중첩분석과정을 Script를 이용하여 CN을 산정하게 된다. script구축은 외형적으로는 격자 크기별 grid변환 후 중첩분석의 형태를 수행한 것이지만 실제 script구축은 shape파일 형태를 중첩한 후 이를 격자로 변환하는 방법을 이용하였다.

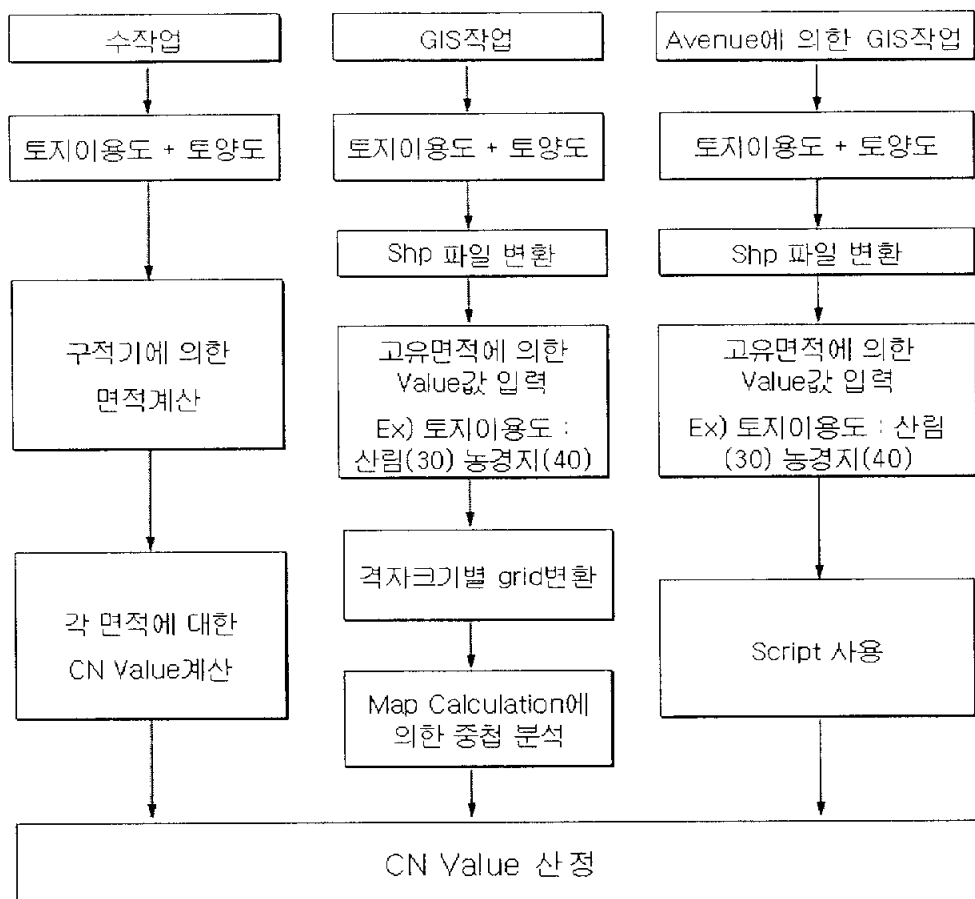


그림 1 모형수행도

제 2 장 이론적고찰

2.1 SCS-CN방법

미국토양보전국(U. S. soil conservation service, SCS)은 유역의 토양 특성과 지면피복상태에 관한 자료만을 이용해서 총강우량으로부터 초과강우량을 구할 수 있는 유출곡선지수 CN(runoff curve number, CN)을 분류하고 유역의 특성에 따라 미계측으로 분석토록 개발되었다.

2.1.1 기본이론

강우가 시작하여 차단, 요부저류 및 침투로 인하여 유출이 시작되기까지 유출로 나타나지 않는 초기강우부분을 초기손실(initial abstraction, I_a)이라 한다. 유출이 시작된 후에 유출로 나타나지 않는 부분을 실제보류수량 또는 총손실이라 하고 이는 주로 침투로 구성되며 F 로 나타낸다. 따라서 총강우량은 직접유출(Q), 실제보류수량(F), 초기손실(I_a)의 세 성분으로 분리된다.

유출이 시작된 후 강우량 P 가 증가함에 따라 Q 와 F 는 증가하며 F 는 최대잠재보류수량 S 에 이르게 된다. S 는 유역의 잠재보류수량 S 에 이르게 된다. S 는 유역의 잠재보류수량의 크기를 나타내고 이는 유역의 토양형, 토지이용과 처리상태를 나타내는 수문학적 토양-피복형의 성질을 표시한다. 실제보류수량(actual retentio, F)이 최대저류량(S)에 대하여 갖는 비율은 직접유출량(Q)의 강우량(P)에서 초기손실(initial abstraction, I_a)을 뺀 값에 대한 비율이 서로 같다고 가정한다.

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (2.1)$$

또, 초기손실(I_a)은 최대잠재보류량(S)의 크기에 비례한다.

$$I_a = \beta S \quad (2.2)$$

여기서, β 는 초기손실계수로서 SCS에서는 경험에 의하여 $\beta=0.2$ 를 채택하였다. 이는 S 의 20%는 초기손실로 채워지는 것을 의미한다. 한편 물 수지로 볼 때 다음식이 성립한다.

$$F = P - I_a - Q \quad (2.3)$$

윗 식 (2.1), (2.2), (2.3)에서 $P > \beta S$ 인 경우 Q 에 대해서 풀면 다음식을 얻을 수 있다. 식 (2.1)에 의해서

$$Q = \frac{F}{S}(P - I_a) = \frac{P - I_a - Q}{S}(P - I_a) \quad (2.4)$$

이것을 정리하면 다음식이 된다.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} = \frac{(P - \beta S)^2}{(P - \beta S + S)} = \frac{(P - \beta S)^2}{P + (1 - \beta)S} \quad (2.5)$$

$$\text{즉, } Q = \frac{(P - \beta S)^2}{P + (1 - \beta)S} \quad (2.6)$$

단, $P \leq \beta S$ 일 경우 $Q = 0$ 이다.

$\beta=0.2$ 를 택하면 다음과 같이 된다.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (2.7)$$

여기서, 최대잠재보류량 S 는 호우와 유역 특성에 따라 결정되며, 유출 곡선지수를 도입하면 다음식으로 표시된다.

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \text{ (mm)} \quad (2.8)$$

한편, 식 (2.1), (2.2), (2.3)과 (2.6)에서 실제보류수량(F)은 다음 식과 같이 유도된다.

$$F = \frac{(P - \beta S)^2}{P + (1 - \beta)S} \quad (2.9)$$

우변을 전개해서 정리하면 다음식이 된다.

$$F = \frac{(P - \beta S)S}{P + (1 - \beta)S} \quad (2.10)$$

단, $P \leq \beta S$ 일 경우 $F = 0$ 이 된다.

또 $\beta = 0.2$ 를 적용하면 다음식을 얻는다.

$$F = \frac{(P - 0.2S)S}{P + 0.8S} \quad (2.11)$$

2.1.2 수문학적 토양 피복군

SCS-CN방법을 사용하여 직접유출 또는 초과강우량을 계산하는데 있어서 고려되어야 할 사항으로는 흙의 종류, 토지의 이용 용도, 흙의 초기

함수상태이고, 이 세 가지 요소는 CN에 의하여 직접유출량 계산에 반영되고 CN도 이에 따라 구분되어진다. SCS에서는 흙의 종류를 유출을 발생시킬 수 있는 능력에 따라 A, B, C, D의 네 가지로 분류하였다. 이 네 가지의 흙의 분류는 모래의 함유율, 또는 실트의 함유율이 얼마인가에 따라 유출발생 능력을 판단한 것이다. 기존의 수문학적 토양피복군은 표 1과 같다.

표 1 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)

2.1.3 유출곡선지수

유출곡선지수는 토지 이용형태 그리고 기상조건에 따라 결정된다. 동일한 종류의 흙에 대해서도 토지의 사용용도에 따라 유출발생능력이 다르게 되므로 토지 사용에 따른 CN도 제시하였다. 미국에서는 침투능에 따라 상기 수문학적 토양 4종류의 토양 피복군별 유출곡선지수를 정리하여 표 2와 표 3에 나타내었다. 도시지역에 대해서는 별도로 정리하여 표 4와 같이 정리하고 있으며 본 자료들은 미국 동부지역자료를 근거로 산정된 것이며 SCS방법은 주로 농촌지역을 대상으로 개발된 방법이기 때문에 산악지역 등에서의 적용에는 세심한 주의가 필요하다.

표 2 토양 피복군별 유출곡선지수 (AMC-II, $I_a = 0.2S$)

토지이용상태	피복상태	수문학적 토양조건	토양의 종류			
			A	B	C	D
주거지역 평균규모(m^2)	불투수면적비(%)					
<500	65		77	85	90	94
1,000	38		61	75	83	87
1,500	30		57	72	81	86
2,000	25		54	70	80	85
4,000	20		51	68	79	84
포장된 주차장, 지붕, 차도등 도로 및 보도			98	98	98	98
포장 (록석 및 우수거 설치)			98	98	98	98
자갈			76	85	89	91
비포장			72	82	87	89
상업지역			89	92	94	95
공업지역			81	88	91	93
			77	85	90	92
개활지, 잔티밭, 공원, 골프장, 공동묘지 등						
양호상태 : 전 면적의 75% 이상 초지피복			39	61	74	80
보통상태 : 전 면적의 50~75% 초지피복			49	69	79	84
휴경지(Fallow)	나지상태	-	77	86	91	96
	작물잔재물로 피복	불량	76	85	90	83
	"	양호	74	83	88	90
조식작물(Row Crops)	직선줄재배	불량	72	81	88	91
	"	양호	67	78	85	89
	등고선재배	불량	70	79	84	88
	"	양호	65	75	82	86
	등고선 및 대상재배	불량	66	74	80	82
	"	양호	62	71	78	81
소곡류(Small Grains)	직선줄재배	불량	65	76	84	88
	"	양호	63	75	83	87
	등고선재배	불량	63	73	81	84
	"	양호	61	73	81	84
	등고선 및 대상재배	불량	61	72	79	82
	"	양호	59	70	78	81

표 3 토양 피복군별 유출곡선지수 (AMC-II, $I_a = 0.2S$) (계속)

토지이용상태	피복상태	수문학적 토양조건	토양의 종류			
			A	B	C	D
밀식 또는 산과 콩과작물 (혹은 윤작초지) (Cloed seeded or broadcast legumes or rotation meadow)	직선줄재배	불량	66	77	85	89
	"	양호	58	72	81	85
	등고선재배	불량	64	75	83	85
	"	양호	55	69	78	83
	등고선 및 대상재배	불량	63	73	80	83
	"	양호	51	67	76	80
방목지 (Pasture, grassland or range - continous forage for grazing)	등고선재배	불량	68	79	86	89
	"	보통	49	69	79	84
	"	양호	39	61	84	80
	등고선 및 대상재배	불량	47	67	81	88
	"	보통	25	59	75	83
	"	양호	6	35	70	79
목초지(방목불허, 건초용, 영구) (Meadow, Continuous grass protected from grazing and generally mowed for hay)			30	58	71	78
관목-잡목 혼합형태(관목이 주종) (Bursh, Brush-Weed graas mixture with brush being the major element)		불량	48	67	77	83
		보통	35	56	70	77
		양호	30	48	65	73
식림지 나무-초지 혼합형태(과수원 또는 나무농장) (Woods-grass Combination, drchard or Tree farm)		불량	57	76	82	86
		보통	43	65	76	82
		양호	32	58	72	79
		불량	45	66	77	83
		보통	36	60	73	79
		양호	25	55	70	77
임야(Forest) 농가(Farmsteads, Building, Lanes, Driveways)		매우불량	56	75	86	91
		"	59	74	82	86
산림지역		매우불량	56	75	86	91
		불량	49	68	78	84
		보통	36	60	70	76
		양호	26	52	62	69
		매우양호	15	44	54	61

표 4 도시지역 불투수토양에서의 CN값 (AMC-II 조건)

불투수면적백분율(%)	100	90	80	70	60	55	50	45	40	35	30이하
Curve No.	98	97.5	97	96.5	96	95	94	93	92.5	91	90

2.1.4 선행토양함수조건

선행토양수분상태란 특정한 호우사건의 5일~30일 전에 내린 강우에 의해 유역 토양 중의 수분함량을 지수로 표시한 것으로써 이 지수는 어떤 유역에 동일한 강수가 내린다고 하여도 선행강수량이 많으면 유역 토양의 습윤도가 높으므로 유출률 즉, 유효우량이 상대적으로 많아지며, 선행강수량이 적을 경우에는 침투손실이 커지므로 유효우량도 적어져서 유출률은 저하되기 때문에 유출량과 유출률을 결정하는 중요한 인자가 된다.

일반적으로 선행토양함수조건(antecedent soil moisture condition; AMC)을 결정하는 것은 매우 어려우나 SCS에서 기준으로 하는 선행함수조건을 휴지기(dormant season)와 식물성장기(growing season)로 나누어 각 경우에 대하여 5일간에 대한 선행강수량의 크기에 따라서 표 5와 같이 나타냈으며 다음과 같은 3가지 조건으로 구분하고 있다.

표 5 선행강수량의 크기에 따른 선행함수조건

AMC Group	5일 선행 강수량, P_5 (mm)	
	휴지기	식물성장기
I	$P_5 < 12.70$	$P_5 < 35.56$
II	$12.70 < P_5 < 27.94$	$35.56 < P_5 < 53.34$
III	$P_5 > 27.94$	$P_5 > 53.34$

AMC I : 유역내 토양의 습윤상태가 건조한 조건이나 시들점(wilting point)에는 도달하지 않고 경작작업을 할 수 있는 정도로서 유출률이 대단히 낮은 상태를 말한다. 다만 이 경우는 설계 홍수량 계산을 위한 조건에는 적용하지 않는다.

AMC II : 연중 최대홍수가 발생할 수도 있는 가장 일반적인 토양의 습윤상태를 말하며 유출률이 보통인 상태를 말한다.

AMC III : 특정한 호우발생 5일 전에 크고 작은 강우가 빈번히 발생하여 토양조건이 거의 포화되어 유출률이 대단히 높은 상태를 말한다.

또한, 유출곡선지수(CN)는 AMC II일 때의 값이므로 AMC조건이 변화될 때는 식 (2.12)와 (2.13)에 의해서 바꿔주어야 한다.

$$AMC-I : CN_1 = \frac{CN_{II}}{2.281 - 0.01281CN_{II}} \quad (2.12)$$

$$AMC-III : CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.427 + 0.00573CN_{II}} \quad (2.13)$$

2.2 GIS와 자료처리기법

GIS는 컴퓨터를 기반으로 하는 지리적 자료를 수집, 저장, 분석, 출력할 수 있는 시스템을 의미한다. 지형공간에 관한 모든 정보를 컴퓨터에 저장, 이를 바탕으로 인간이 사는 공간과 관련된 의사 결정을 효율적으로 하려는 시도의 산물이며 캐나다, 미국, 호주와 같은 광활한 대륙을 개발하고 통제하기 위한 수단으로 나온 환경의 산물이기도 하다.

지리정보시스템을 한마디로 정의하려고 하는 용어들을 크게 대별하면 기술적인 면과 문제해결의 면으로 나뉘는데, 기술적인 면의 정의는 컴퓨터와 관련된 점을 강조해서 사용자의 의도대로 지형에 관련된 공간 데이터에 대한 수집, 저장, 갱신이 용이하며, 변환과 관리를 하는 도구 일체라 하였으며, 문제해결(problem solving)은 시스템의 해석적인 면을 부각시켜 문제해결 환경에 있어서 지형관련 데이터의 통합을 포함한 의사결정지원 시스템이라 하고 있다. 이와 같은 여러 가지 학술적 개념을 종합하면 "컴퓨터를 이용하여 지형, 지세, 토지이용, 도시계획, 지역계획 등 공간을 대상으로 하는 정보를 수집·관리하고 그러한 정보들을 사용목적에 따라 다양한 분석을 통하여 필요한 결과물을 생산하는 공간분석에 관한 종합정보관리시스템" 이라고 정의를 내릴 수 있다.

2.2.1 지리정보시스템의 자료

지리정보시스템에서 처리하는 대상은 공간적 현상의 지리자료이다. 분포의 특성을 가진 것이라면 모두 지리자료라고 할 수 있으며 지도상에 이러한 각종 지리자료를 기입하여 왔다. 흔히 사용되는 주제도(thematic map)로는 지형도, 지질도, 토양도, 지적도 그리고 지하시설물(상·하수도, 지하전화배선, 지하가스관 등)을 표시한 지도 등이 있다. 지리자료는 부호로 표시되는데 그 밖에 주소나 발생건수 등은 글과 숫자로 기재되기도 한다. 완벽한 지리자료가 되기 위해서는 공간자료(spatial data)와 속성자료

(attribute data)가 함께 정의되어야 한다. 공간자료는 각종 지리현상의 위치와 형상 및 사상간의 공간상 상대적 위치관계를 말하는데 지도상에서는 점, 선, 면을 사용하여 표시된다. 속성자료는 점, 선, 면으로 표시된 각종 좌표상의 지리적 사상의 특성을 말한다. 예를 들어 하나의 점으로 표시된 어떤 지표공간을 수질관측소라고 하면, 한 쌍의(X, Y)좌표로 그 위치가 공간 자료로 변환한다. 속성자료에는 관측소의 명칭, 기호, 특정한 시각에 측정된 생화학적 산소요구량(BOD)이나 용존산소량(DO) 등이 포함된다. 도로와 같은 선(線)자료는 일련의 점을 상호 연관시켜 나타난다. 속성자료인 도로의 명칭, 노폭, 노면재료, 교통량 등은 문자와 숫자로 데이터베이스에 기재된다. 다각형 또는 면(面)자료인 행정구획도와 토양도 등은 하나 또는 여러 개의 선분으로 구성되는 폐곡선으로 공간자료가 만들어지고, 속성자료로는 폐곡선으로 구분되어진 지역의 인구특성이나 토양의 성질 등이 기록된다.

2.2.2 GIS의 발달 과정과 현황

지리정보시스템은 1960년에 캐나다 토지 및 환경정보시스템(CGIS)사업의 일환으로 캐나다의 광대한 토지자원조사와 분석관리를 위하여 활용되었다. 그 후 1960년대 후반에는 센서스 자료를 취급하는 캐나다 통계국의 GIS가 개발되었다. 이 시기에는 grid, shell(mesh)에 의한 시스템이 주로 개발되었으며, 그 중 미국의 하버드 대학의 SYMAP이 주로 이용되었다. 1960년대에는 영국, 호주에서도 GIS의 연구개발이 이루어졌으며, 1970년대에는 프랑스, 스페인, 독일 등의 유럽 각국에서도 연구개발이 이루어지게 되었다.

1960년대 후반의 미국의 대도시 계획의 수행과정에서 도시정보시스템의 개발이 본격적으로 시작되었으며, California, Maryland, New York 등 각 주에 있어서도 정보시스템의 개발이 시도되었다. 특히 통계국(bureau of census)이 1970년 국세조사에 geocoding system(주소로부터 위치좌표

를 검색할 수 있는 시스템)을 도입하여, 도로와 위치좌표를 중첩시킴으로써 각 지방공공단체가 쉽게 GIS를 도입할 수 있게 되었다. 이와 같이 표준화가 이루어진 결과 1980년대 초 Syneroom, Intergraph, ESRI와 같은 업체가 GIS Turnkey System을 판매하게 되어 보급에 박차를 가하게 되었다.

초창기 지리정보처리는 간편성, 시스템 구축의 용이성, 하버드 대학의 SYMAP 등과 같은 소프트웨어를 이용하여 출력할 수 있을 것, 데이터를 간단하게 취급할 수 있을 것 등의 요구사항 때문에 격자(mesh)에 의한 자료구조를 갖는 것이 많았다. 이 격자형 시스템은 일반적으로 래스터(raster)라 불리는 자료구조를 갖는다. 이 자료구조는 점이 하나의 격자면으로 표현되고 선의 경우 지정방향으로 향한 주변 면의 개수로 표현되며, 다각형의 경우 주변 면들의 집합으로 표현된다. 특히 줄과 열의 배열을 저장하고 조작하기가 쉬운 포트란 등과 같은 프로그래밍 언어에서 조작하기 쉽고, 비용이 적게 들며, 각 공간단위의 일관성으로 인한 단순성으로 인해 대학과 같은 기관에 연구용으로 격자형 시스템이 많이 보급되었다. 또한 그 전형적인 시스템이 하버드 대학에서 개발된 GRID/IMGRID system이었다. 그러나 격자형 시스템은 초기의 인기와는 달리 화소크기에 따른 형상학적 인식구조의 변질문제, 이에 따른 속성정보의 손실, 당시의 기술수준에 비하여 엄청나게 요구되는 기억용량 등으로 인해 점차 그 사용의 한계가 노출되었다.

1970년대의 중반 이후 다각형 기반의 GIS는 기존의 격자형 자료구조의 시스템에 비하여 벡터(vector)형식의 자료구조를 갖는다. 이 자료구조는 형상학적 데이터 구조의 제공과 압축된 데이터 구조, 위상의 상호 연결성, 도형과 비도형 데이터의 수정 및 일반화가 가능하다는 등의 장점으로 인해 지방 공공 단체에서 각광받기 시작하였고 이후의 GIS개발에 있어서 주된 흐름을 차지하였다. 1990년 현재, 북미 대륙 내에서 이미 4,000개 이상의 GIS자동화 시스템이 가동되고 있는 것으로 추정되고 있다. 또한 영국

을 비롯한 유럽지역은 물론 남미 지역에서도 정부 및 민간 연구기관에서 GIS의 활발한 개발과 이용이 계속되고 있다. 일본, 대만, 홍콩 등에서도 활발히 진행되고 있으며, 특히 대만의 경우에는 국립대만대학에서 180만불의 예산을 바탕으로 NGIS(national geographic information system)의 구축을 위한 기초연구가 시행되고 있다.

한편 일본의 경우는 1970년대에 들어와서 미국, 캐나다 등지에서 개발된 GIS가 도입되기 시작하여 1975년에는 국토청의 주도로 국토정보사업이 착수되었으며, 80년대부터는 건설성에서 도시정보 시스템(UIS)의 구축이 시작되었다. 즉, 국토지리원 내에 지도정보실 및 사진측량기술 개발실을 신설하여 컴퓨터를 이용한 지형도, 주제도 등의 자동도화기술 개발에 착수하였다. 이후 일본은 중앙정부와 각급 지방단체에서 지리정보의 활발한 구축이 진행되었고 민간부문에 있어서도 적극적으로 활용되고 있다.

우리 나라의 경우는 해외 연구동향에 비추어 볼 때 GIS의 역사가 매우 짧으나 국립지리원, 국토개발연구원, 한국전력기술, 통계청, 도로공사, 토지개발공사, 농업기반공사, 지적공사, 주택공사, 서울시청, 광주시청, 인천시청, 건설부 등의 각 기관과 서울대학교, 한양대학교, 강원대학교, 수원대학교, 성균관대학교, 경북대학교 등을 비롯한 각 대학과 과학기술 연구원, 해양연구소, 국토개발연구원 등의 연구소에서 활발한 연구가 진행되고 있다.

최근에 들어서 기술상으로 점차 성숙되어 이전의 많은 문제점이 해결되고 실용적인 시스템으로 발전됨에 따라 GIS는 각종 지리정보를 정리, 취급하기 위한 유용한 도구로 자리잡아 가고 있다. 연구보고에 따르면 미국 정부 각 부문의 정책 결정과정에서 80% 이상이 GIS 분석자료의 이용을 필요로 하고 있으며, 미국정부는 매년 많은 예산을 투자하여 필요한 지형과 지리자료를 수집하고 있다. 또한 GIS에 대한 수요가 급증할 것이라는 전망은 하드웨어와 소프트웨어의 발전과 새로운 자료출처의 개발에 있어서의 낙관적인 추세에서 그 근거를 쉽게 찾을 수가 있다. 현재에 있어서

의 GIS 연구방향은 현실세계의 변화를 설명하는 방법과 인간의 인식능력 한계를 보완하는 새로운 수단을 찾는 데 초점을 맞추고 있다.

2.2.3 GIS의 자료처리방법

최근 DEM 자료를 수문학에 이용함에 있어 공간적 해상도가 미치는 영향에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. DEM 자료가 지형의 표현과 수문학적 과정의 모의에서 편리성을 제공하지만 분산적인 자료의 특성 때문에 약간의 제약을 가지고 있다(Moore 등, 1993 ; Holmgren, 1994). 서로 다른 격자 크기의 DEM 자료는 유역면적이나 유출생성 등의 수문학적 모의에서 상이한 결과를 초래할 수 있으므로(Bruneau 등, 1995) 격자의 크기는 수문모형의 수행에 있어서 중요한 요소가 된다. DEM 자료는 지형고도의 공간적 분포를 표현할 수 있으며 유역의 수문학적 과정을 모의하는데 사용되고 있다. 경사, 방위, 유역면적, 유로연장 등과 같은 많은 수문모형의 매개변수들이 DEM 자료로부터 추출될 수 있다(Vieux, 1996). 지형의 공간적 분산도는 수문모형의 모의에 많은 영향을 미치며, 수문모형에 고도자료를 적용할 때는 지표면 표현을 위해 어떠한 방법이 사용되는지 고려하는 것이 중요하다. 지표면을 나타내기 위해 DEM을 구성하는 방법에는 대표적으로 다음 세 가지 자료를 활용할 수 있다.

- ① 격자기반자료
- ② 불규칙삼각망자료
- ③ 등고기반자료

격자기반자료를 수문모델링에서 최초로 적용한 사례는 1971년 지형의 좌표정보를 래스터형으로 저장한 것이었다. 격자는 규칙적인 간격의 선으로 구성되어 있고, 각 직사각형 내의 면적은 그것의 중심부 좌표에 의해서 기술된다. 지형에 대한 래스터 이용은 대규모의 DEM 데이터 베이스를 이

용하는 경우 매우 합리적이라 할 수 있다. 널리 쓰이는 레스터형 GIS로서는 미국육군공병단의 GRASS(geographic resources analysis support system)가 있다.

DEM을 형성하는 또 다른 기법은 불규칙적으로 분포된 점을 여러 개의 선으로 연결하여 중요한 산봉우리와 계곡 등을 결정할 수 있는 불규칙 삼각망을 이용하는 것이다. 이와 같이 형성된 불규칙삼각망을 TIN이라고 한다. 전형적으로 대부분의 삼각형이 2차원 평면으로 처리되지만 부드러운 선형보간이 가능하다.

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

2.3 자료의 압축 및 저장기법

격자구조에서 각각의 격자가 갖고 있는 값의 변이가 심하면 격자의 저장구조를 손쉽게 압축할 수는 없다. 하지만 실제로 격자구조에서 보여주는 공간적인 변이는 대개의 경우 그다지 심하지 않다. 즉, 하나의 레이어(layer) 내에서 많은 수의 격자는 동일한 속성값을 지닌다는 것이 일반적인 격자구조의 특성이다. 따라서 적절한 압축기법을 활용하여 자료를 저장함으로써 경제적인 자료의 저장 및 관리가 가능하다. 대표적인 격자구조의 압축기법으로는 run-length code 기법, quadtree 기법, block code 기법, 그리고 chain code 기법 등을 들 수 있으며, 본 연구에서는 quadtree 기법을 사용하여 각 자료를 압축 및 저장하였다.

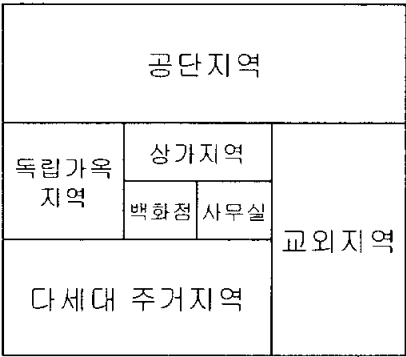
2.3.1 Run-length code 기법

Run-length code 기법에서는 하나의 행에서 동일한 수치값을 갖는 격자들을 통칭하여 run이라 칭한다. 각 격자들의 동일한 속성값을 개별적으로 저장하는 대신 하나의 run에 해당되는 속성값이 한 번만 저장되고 run의 길이와 위치가 저장되는 방식이다. run-length code 기법에는 여러 가지가 개발되어 있다.

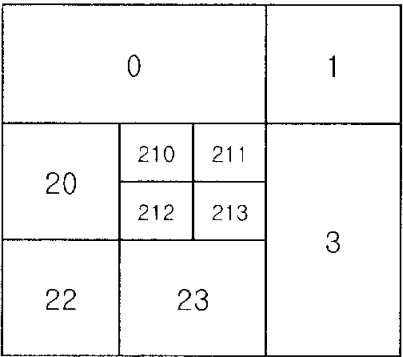
2.3.2 Quadtree 기법

Quadtree 기법은 run-length code 기법과 함께 가장 많이 쓰이는 자료 압축기법이다. 크기가 다른 정사각형을 이용하여 run-length code 보다 더 많은 자료의 압축이 가능하다. 전체 대상 지역에 대하여 하나 이상의 속성이 존재할 경우 전체 지도는 4개의 동일한 면적으로 나누어지며 이를 quadrant라 한다. 각각의 quadrant에 대하여 두 개 이상의 속성이 존재하는 지역에 대하여 다시 quadrant를 4등분하게 된다. 이러한 과정이 quadrant가 하나의 속성값만을 가질 때까지 반복된다. 그 결과로서 나타나

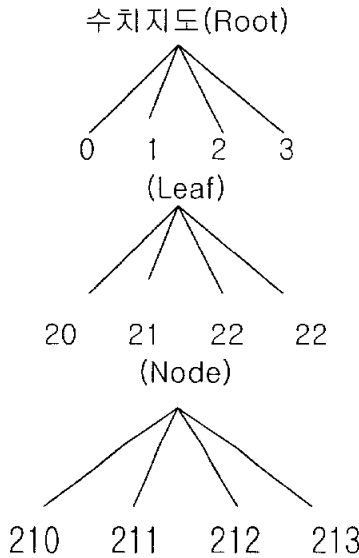
는 것이 quadtree이다. 이러한 quadtree로 나뉘는 반복과정은 미리 사전에 결정된 반복횟수에 의하여 제한을 받게 되므로 무한정으로 반복되는 것은 아니다. 현실적으로는 많은 수의 격자를 갖는 넓은 지역이 하나의 quadrant로서 존재하는 관계로 매우 효과적인 압축이 가능하다.



(a) 토지이용도



(b) Quadtree 방식



(c) Quadtree 스키마

Quadtree 레벨			Attributes
0	1	2	
0			공단지역
1			공단지역
2			주거지역
	20		독립가옥
			상업지역
		210	상가지역
		211	상가지역
		212	백화점
		213	사무실
	22		다세대주거지역
	23		다세대주거지역
3			교외지역

(d) 속성테이블

그림 2 Quadtree모형을 이용한 데이터 표현

그림 2는 quadtree의 구조를 보다 현실적으로 상세히 나타낸 것이다. 그림의 (a)는 도심지의 토지이용도를 보여주며, (c)는 자료구조를 스키마로 나타낸 것으로 quadtree의 구성에 있어서 계급성을 보여준다. leaf는 더 이상 세분될 수 없는 종료점을 보여주며, leaf를 제외한 다른 점들을 노드라 칭한다. 각각의 노드에 고유번호를 부여하기 위한 번호체계가 많이 고안되었으나 (d)에 나타난 번호체계는 Abel과 Smith에 의하여 고안된 것이다. 이러한 형식의 quadtree는 번호체계가 순서에 입각하여 원시노드로부터 순차적으로 부여되었으므로 선형 quadtree라 칭한다.

2.3.3 Block code 기법

Run-length code 기법에 기반을 둔 것으로 정사각형으로 전체 객체의 형상을 나눈다. 이 방식은 각각의 블록에 대하여 블록의 중심이나 좌하측 시작점의 좌표와 격자의 크기를 나타내는 세 개의 숫자만으로 표기가 가능하다. 이 기법에서는 장사각형의 크기가 클수록 경계가 단순해지고 보다 효율적인 block coding이 가능하다.

2.3.4 Chain code 기법

Chain code 기법은 대상지역에 해당하는 격자들의 연속적인 연결상태를 파악하는 것이다. 시작점부터의 연결상태를 파악하기 위하여 각각의 방향에 대하여 임의의 수치를 부여할 수 있다. chain code는 대단한 압축방법으로써 환영을 받으나 객체와 객체간의 중복되는 경계부분은 이중으로 입력되어야 한다는 단점이 있다.

시험유역의 지질학적 형상은 작은 절리가 많이 발달되어 있고, 엽리의 절리로 작용하는 지질구조상 초기 강우시에는 하천의 수위에 큰 변화를 보이지 않다가 파쇄대를 채우고 난 이후에 하천의 수위가 급격히 증가하는 양상을 보인다. 적용대상유역으로 선정된 설마천유역의 강우-유출자료는 2001년 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구보고서에 수록된 자료를 채택하여 사용였다.

3.1.1 지형분석

유역의 지형특성은 수위관측소를 기준으로 소유역별로 조사하였다. 전체 유역면적이 8.50km^2 로 작기 때문에 유역의 각종 지형인자는 대축척의 지도를 이용하는 것이 바람직하나, 설마천 시험유역은 군사지역이기 때문에 입수할 수 있는 최대 축척인 1/25,000 지형도를 이용하여 산정하였다. 추출된 지형인자는 소유역별 유역면적, 유로연장, 유역 평균폭, 형상계수 및 유역의 중심장 등으로 표 6과 같으며, 유역의 출구인 전적비교로부터 거리별 표고 및 유로경사 등은 그림 4와 같다.

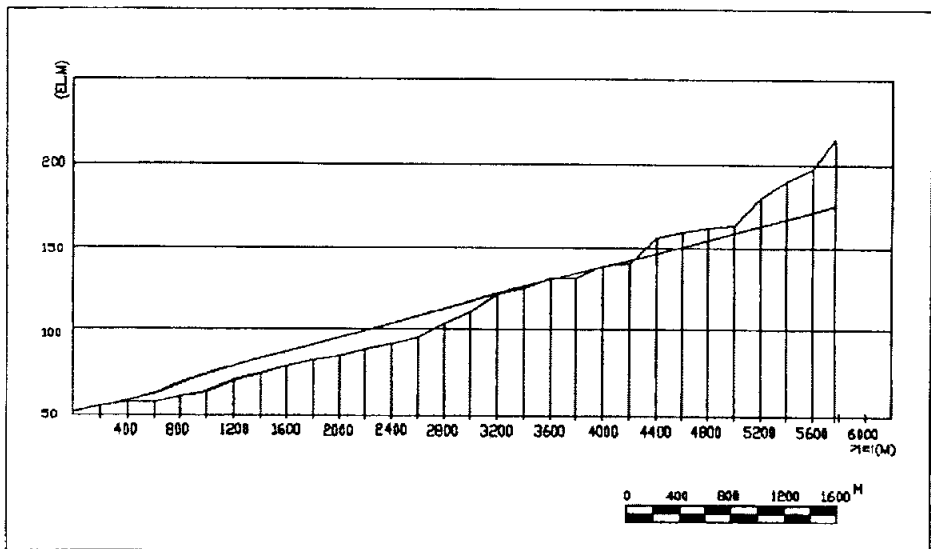


그림 4 설마천유역의 거리별 표고 및 유로경사

표 6 설마천유역의 지형 특성인자

구분 \ 유역별	1번 유역 (위어설치 예정지점)	2번 유역 ^{주1)} (사방댐)	3번 유역 (전적비교)	설마천 하구 (하천정비 인용)	비 고
유역면적	2.2	5.08	8.50	18.5	A=km ²
본류 유로연장	1.1	3.10	5.80	11.3	L=km
본지류 유로연장	1.9	5.76	8.80	-	L'=km
유역의 중심장	0.4	1.55	3.61 ^{주1)}	-	km
유역 평균폭	2.00	1.64	1.47	1.64	A/L=km
형상계수	1.58	0.53	0.25	0.15	A/L ²
하천밀도	1.64	6.53	9.11	-	L' ² /A
유역 평균경사	20	19	20 ^{주1)}	-	%
유로경사	3.6	2.6	2.3 ^{주1)}	-	%

주1) 위치 확인과 지도 작업으로 재산정하여 수정된 항목임.

주2) 한국건설기술연구원 연구보고서 (2001)

3.1.2 지질분석

설마천 시험유역은 선캠브리아기의 경기편마암 복합체로 구성되어 있다. 유역의 남부에는 주로 호상의 엽리를 보이는 편마암이 우세하고, 북부로 가면서 안구상 편마암이 우세하게 발달하며, 곳에 따라 재결정된 규암

과 변성 관입암류가 관찰된다.

일반적으로 화강암은 불투수층으로 분류되며, 설마천 시험구역의 편마암은 근본적으로 화강암에서 기원한 것으로 보이므로 불투수층으로 분류될 수 있으나, 절리가 비교적 많이 발달하고 엽리의 발달이 강하여 소량의 지하수를 함유할 수 있으며, 절리가 강하게 발달하는 구간에서는 상당량의 물을 함유할 수 있는 것으로 보인다. 그러나 일반적으로 변성암에서 주로 관찰되는 단층대를 통한 물의 다량 함유는 단층대의 발달로 상대적으로 불량한 특성이 있다.

이 지역은 절리가 많이 발달하고 있으나, 절리나 단층의 틈이 좁고 연장성이 강하지는 않아서 유량이 적을 경우에는 대부분 지하수로 유입되지 못하고 지표수에만 영향을 주지만, 어느 정도의 유량을 넘어서면 지하수위를 상승시키고 하천수의 상승으로 바로 반영될 것으로 보인다. 그러므로, 이 지역은 갈수기에는 수량이 급격히 감소하여 소량의 물이 지표수로 흐르나, 토양층의 두께가 얇으며 암석의 함수능력이 미약하고 경사가 급하기 때문에 우기에는 수위가 급격히 증가할 것으로 보인다. 이 지역의 하천은 비교적 강한 암석에 의해서 둘러싸인 상류 하천으로, 하천의 수계망은 기본적인 수지상에 암석의 구조에 의해 지배되는 엽리, 단층, 절리 등의 특성에 의하여 직각상이 결합되어 혼합된 형태의 수계이다.

결론적으로 설마천유역은 작은 절리가 많이 발달되어 있고, 엽리의 절리로 작용하는 등 지질구조의 특성상 초기 강우시 소량의 우량에는 하천의 수위에 큰 변화를 보이지 않는다. 따라서, 유출은 절리의 연장성이 불량하고, 비교적 틈새가 좁고, 공극이 적은 단층의 발달로 인해, 이러한 파쇄대를 채우고 난 이후에 하천의 수위가 급격히 증가하는 양상을 보일 것으로 예상된다고 한국건설기술연구원에 연구한 바 있다.

3.1.3 설마천 산림 및 토양

설마천유역의 임상은 아교목 또는 관목상태의 활엽수림과 혼효림이 대

부분을 차지하고 있으며 계곡 근처 사면의 하부에 국소적으로 일본 잎갈 나무와 잣나무가 식재되어 있다. 또한 산림의 층상 구조가 발달하지 않아 유역의 산림이 가지는 수원의 함양 능력은 대단히 낮은 것으로 평가되며 산지 사면에 산재한 다량의 작은 돌이나 자갈이 여름철 강우나 집중호우 시 지표면 유출수와 함께 이동하여 2차 하천에 유입됨으로써 토석류를 유발할 우려가 높기 때문에 2차 하천에 토사의 이송 및 토석류 등에 의한 재해를 방지하기 위한 사방댐이나, 토석 이동 억제장치의 설치가 필요하다.

설마천에 대한 1/25,000 정밀 토양도를 확인한 결과, 하천 주위를 따라서 일부분에 대한 조사만 되어 있을 뿐 전체적인 토양구분은 조사되어 있지 않다. 따라서 SCS 방법에 의한 유출곡선지수(curve number; CN)를 도출하기 위해서 산림토양의 특성에 SCS의 기준을 적용하여 표 7과 같이 유역의 유출곡선지수를 구한 바 있으며, 이에 대한 상세한 내용은 1995년도 한국 건설기술연구원에서 발간한 연구보고서에 나타나 있다.

표 7 설마천유역의 평균유출곡선지수 (AMC-II 조건)

구분 소유역별	토지 이용 상태	토 양 형								면적 합 (km ²)	평균유출 곡선지수 (CN)
		A		B		C		D			
		면적 (km ²)	CN	면적 (km ²)	CN	면적 (km ²)	CN	면적 (km ²)	CN		
1번 소유역 (위여예정지)	논			0.245	77					0.245	77
	산림			0.494	75	1.461	86			1.955	83
	계			0.739		1.461				2.200	83
3번 소유역 (전적비교)	논			0.245	77	0.041	81			0.286	78
	산림			2.138	75	5.800	86	0.276	91	8.214	83
	계			2.383		5.841		0.276		8.500	83

주) 한국건설기술연구원 연구보고서 (2001)

3.2 수문인자 및 GIS 응용

3.2.1 수문자료

본 논문에서 사용된 수문자료는 1998년 8월 5일 16:10~8월 6일 09:30의 강우량 자료를 사용하였으며 이때 관측된 강우량은 설마리 우량과 전적비교우량 등이 있으나 본 연구에서는 평균면적우량을 산출하여 유역에 균등히 강우가 내렸다고 가정하여 사용하였다. 이때 사용된 강우량과 유출량 수위의 자료는 표 8과 같다.

표 8 대상유역의 강우, 유출자료

구분	기간	강우량 (mm)	첨두시간	첨두유량 (m ³ /sec)
전전비교	08/05-08/06	225	1998-09-30 1:30:00 AM	39.06
사방댐	08/05-08/06	152.5		
평균면적우량	08/05-08/06	187.82		

3.2.2 고도분석 (TIN)

그림 5는 설마천 유역을 대상으로 Arc/Info로 지형의 고도를 시각적으로 표현할 수 있는 불규칙 삼각망(triangular irregular network; TIN)을 구축한 후 Arcview로 도시한 그림이다. TIN은 불규칙하게 분포된 위치에서 표고를 추출하여 이들 위치를 삼각형의 형태로 연결하여 전체 지형을 표현하는 TIN방식이다. 이러한 TIN방식은 세 개의 위치를 가지고 하나의 삼각형을 이루며 각각의 삼각형 내에서 경사의 크기 및 방향이 결정되었다. 경사의 크기와 방향 등을 결정하기 위하여 많은 수학적 알고리즘이 고안되었다. 실제적으로 TIN의 구조가 세변의 길이가 같은 정삼각형의 형태에 근접할수록 보다 정확한 지표면의 형태를 나타내는 것으로 확인되었다.

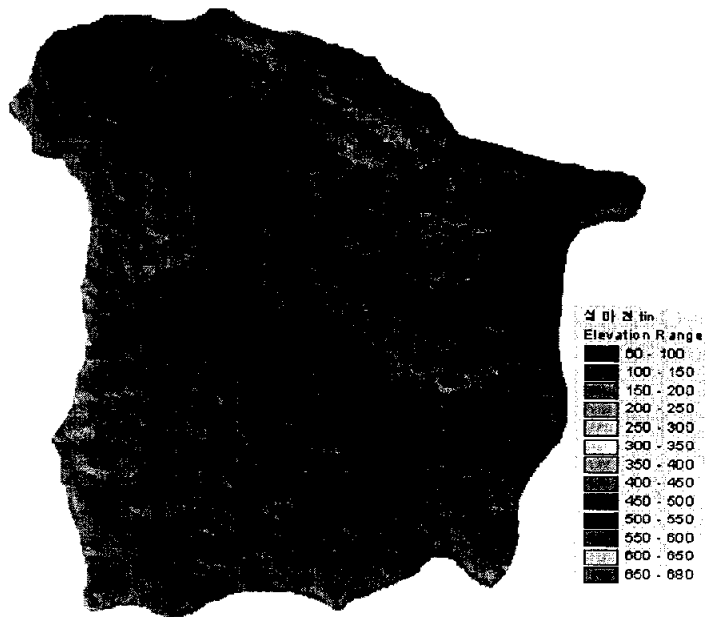


그림 5 설마천 시험 유역도(TIN)

3.2.3 고도별 면적분석 (DEM)

설마천 유역의 고도별 면적분포분석은 수치표고모델(digital elevation model; DEM)기법을 사용한 것으로 수문학에 이용함에 있어 지형의 표현과 수문학적 과정의 모의에서 편리성을 제공하고 있다. 그리고 지형의 공간적 분산도는 수문모형의 모의에 많은 영향을 미치며, 수문모형에 고도자료를 적용할 때는 지표면을 표현하기 위해 격자기반자료, 불규칙삼각망자료, 등고기반자료 등의 세가지 방법 중 어떤 방법이 사용되는지 고려하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 대상유역인 설마천 유역의 토지이용도와 토양도를 중첩분석한후 DEM으로 나타내어 각 코드에 부여된 CN의 면적을 나타내는 격자의 수를 산정하였다.

3.2.4 CN 분석

대상유역의 CN을 추정하기 위하여 토양도와 토지이용도를 격자로 변환한 자료를 이용하였으며 그 과정은 다음과 같다.

대상유역의 토양도와 토지이용도를 digitizing하여 파일을 생성한 후

ESRI사의 GIS 응용 프로그램인 Arc/Info와 Arcview를 사용하여 격자변환과 중첩분석 과정을 거쳐 각 cell 단위의 CN을 추출할 수 있었다. 이러한 격자를 이용한 매개변수의 분석에 있어서 격자크기의 영향을 알아보기 위하여 각 cell의 크기를 10×10, 20×20, 50×50 및 100×100의 경우로 나누어 그 작업을 수행하였으며 그 결과는 아래의 표 9와 같다. 표에서 보는 바와 같이 본 연구대상유역과 같이 유역면적이 작은 유역에서는 CN에 의한 격자크기의 영향이 그리 크지 않음을 알 수 있었다. 이러한 CN은 AMCⅡ 조건에서 나타났으며 격자크기 50×50이 가장 적정하다고 산정결과 나타났다.

단, 현재 주로 사용되는 CN은 수정CN = $AMCⅡ \times 0.3 + AMCⅢ \times 0.7$ 을 사용하므로 표 9에 표기하였다(윤태훈, 1990). 본 연구에서 구하여진 CN은 건기원에서 구한 값과는 미미한 차이를 보이며 이는 현재 보유하고 있는 토지이용도와 토양도의 차이 따른 것으로 주거지역이 빠져있기 때문에 발생한 차이라고 판단된다.

그림 6은 표 9를 그래프화하여 나타낸 것으로 선행토양함수조건에 의한 격자크기가 커질수록 CN이 감소하는 것을 알 수 있었다. 토지이용도와 토양도의 중첩은 그림 7과 같이 나타내었다.

표 9 설마천 유역의 CN

Cell Size	Cell 개수	CN				
		AMCⅠ	AMCⅡ	AMCⅢ	건기원 CN	수정CN
10×10	627,939	68.67	83.33	92.13	83	89.49
20×20	168,685	68.57	83.27	92.10		89.45
50×50	26,740	68.10	82.96	91.94		89.25
100×100	5,708	67.87	82.81	91.86		89.14

주) 수정 CN = $AMCⅡ \times 0.3 + AMCⅢ \times 0.7$

건기원 CN은 1995년 설마천 연구보고서인용

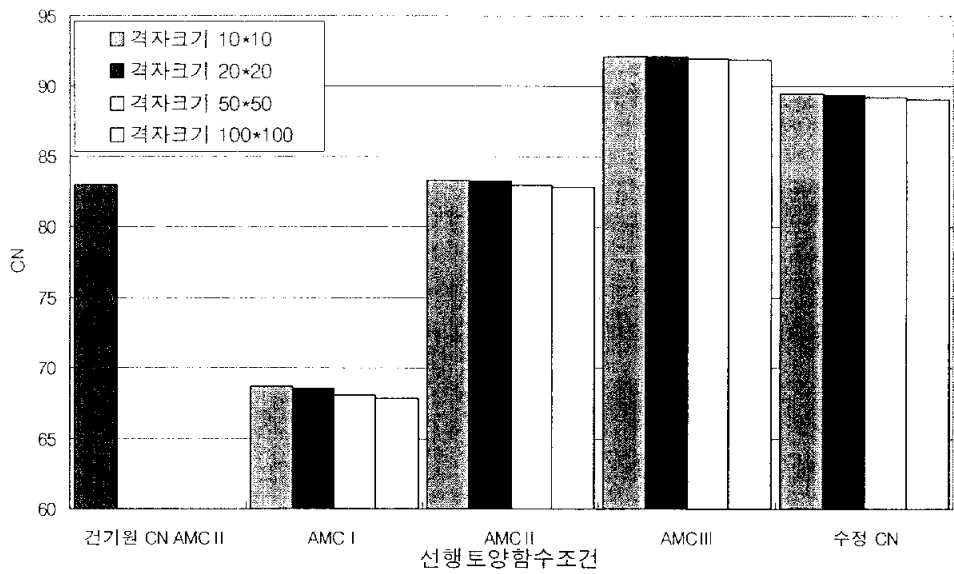


그림 6 격자크기에 따른 CN변화

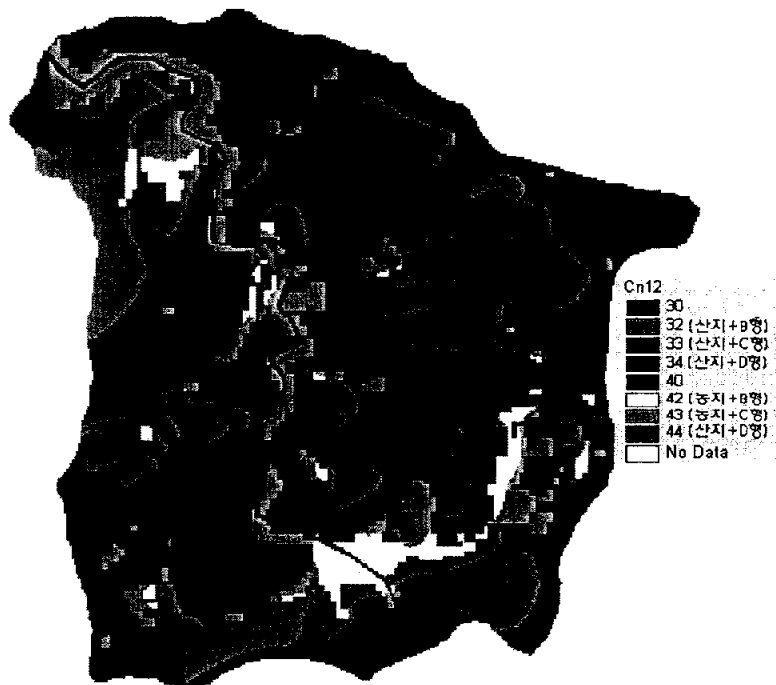


그림 7 설마천 중첩도(토양도+토지이용도)

3.3 등시간선도 작성

등시간선은 유역의 유출구까지 동일한 유하시간을 갖는 지점을 연결한 선으로써 그 작성방법이 매우 까다롭고 난해하여 작업자마다 상이한 결과를 가져올 수 있다. 그러나 이런 차이가 유출모형의 실행에 있어서 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구는 아직 미진한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 그림 8, 그림 9 그리고 그림 10과 같이 등시간선을 3가지 방법으로 작성하여 각각에 대해서 홍수량을 산정하여 비교·분석하였다.



그림 8 이론적인 방법에 의한 등시간선

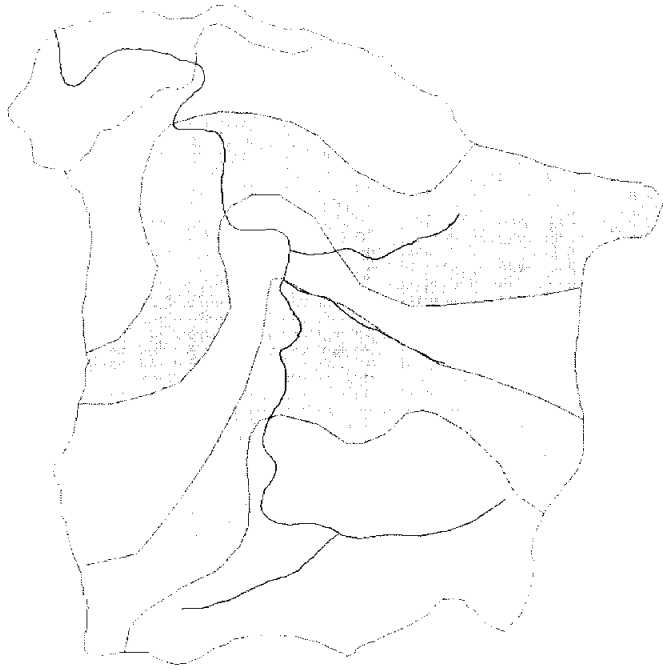


그림 9 임의의 방법으로 작성한 등시간선

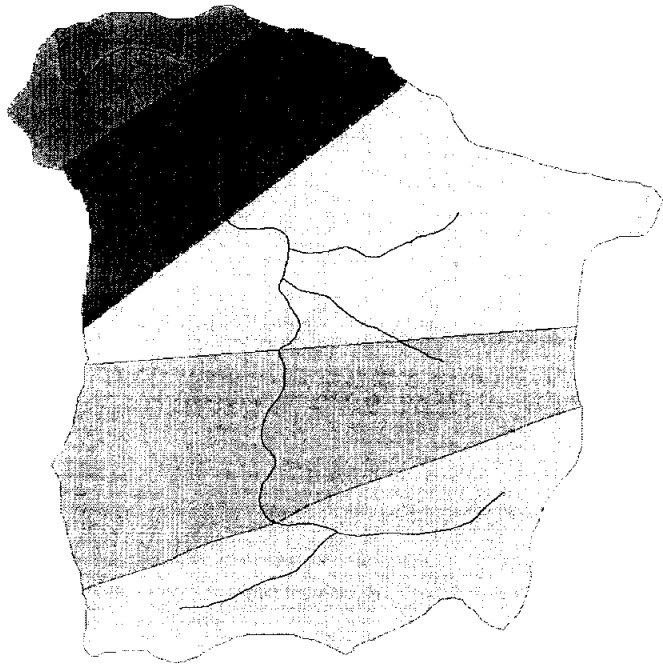


그림 10 등거리간격으로 작성한 등시간선

3.4 등시간선별 유출량 산정

3.4.1 Clark 방법에 의한 유출량 산정

Clark방법은 순간단위도 개념을 이용하고 한 유역에 대하여 단 하나의 단위도를 유도한다. Clark방법의 기본개념은 유역을 대표하는 도달시간-집수면적 주상도의 추적에 의하여 지속기간이 영인 단위유효강우량을 유출수문곡선으로 변화하는 것이다. 이와 같이 유도되는 수문곡선은 지속기간이 영(zero)이고 단위강우량(1cm 또는 1mm)이므로 순간 단위도(IUH)이다. 추적과정은 직렬로 연결된 선형수로와 유역의 출구에 위치하고 유역과 동등한 저류특성을 갖는 선형저수지로 구성된다.

Clark방법은 해당유역의 출구에 1개의 저수지가 있다고 가정하여 유역 전반에 순간적으로 내린 단위유효우량으로 인한 유수가 전이에 의해 저수지에 유입하여 저수지의 저류추적 과정을 거치는 것으로 가정하였다. 홍수 추적을 통하여 유역의 순간단위도를 계산하게 된다. 저수지로의 유입수문곡선은 도달시간-집수면적곡선을 이용하여 단순전이에 의해 계산된다.

유역에 순간적으로 내리는 단위유효우량으로 인해 유역 출구지점 저수지로 등시간 구간 Δt 시간 동안 유입하는 유출량은 식 (3.1)로 표시된다.

$$I_i = 0.2778 \frac{A_i}{\Delta t} \quad (3.1)$$

여기서, I_i 는 시간 구간 i 에서의 유입량(m^3/sec)이며, A_i 는 i 번째 시간구간에 포함되어 있는 소유역 면적이다.

선형저수지 가정에 따르면 식 (3.2)와 같다.

$$S = KO \quad (3.2)$$

여기서, S 는 저수지의 저류량($m^3/sec \cdot hr$), O 는 저수지로부터의 유출량(m^3/sec)이며, K 는 저수지의 저류상수(hr)이다. 식 (3.2)를 저류방정식에 대입하여 계산시간 구간 Δt 별로 유출량을 계산하는 식으로 정리하면 식 (3.3)과 같다.

$$O_2 = m_0 I_2 + m_1 I_1 + m_1 O_1 \quad (3.3)$$

여기서, I_1 , I_2 는 시간구간 Δt 의 시점 및 종점시각에서의 유입량(m^3/sec)이고 O_1 , O_2 는 각각 유출량(m^3/sec)을 표시하며 m_0 , m_1 , m_2 는 식 (3.4), (3.5), (3.6)과 같다.

$$m_0 = \frac{0.5\Delta t}{K + 0.5\Delta t} \quad (3.4)$$

$$m_1 = \frac{0.5\Delta t}{K + 0.5\Delta t} \quad (3.5)$$

$$m_0 = \frac{K - 0.5\Delta t}{K + 0.5\Delta t} \quad (3.6)$$

본 논문에서는 설마천 시험유역의 보고서(한국건설기술연구원, 2001)자료에서의 실측치를 토대로 각 등시간선 방법에 따른 Clark방법에서의 유출량에 가장 근접한 값을 찾고자 한다. 이때 사용된 강우량과 유출량의 기간은 2001. 8. 5. 자료를 이용하였다.

가. 이론적인 방법에 의한 등시간선

기본적인 등시간선 작성법에 의한 등시간선도는 그림 8과 같이 나타내었으며, 이러한 인자들을 적용하여 Clark 유출모형을 실행한 결과 첨두유량이 $44.25 m^3/sec$ 로 나타났다.

나. 임의의 방법으로 작성한 등시간선

설계자가 임의의 방법으로 작성한 등시간선도는 그림 9와 같이 나타내었으며, 이러한 인자들을 적용하여 Clark 유출모형을 실행한 결과 첨두유량이 $50.38 \text{ m}^3/\text{sec}$ 로 나타났다.

다. 등거리간격으로 작성한 등시간선

하천의 연장을 등간격으로 분할하여 하천에 직각으로 등시간선도를 작성하여 그림 10과 같이 나타내었으며, 이 방법의 적용시 첨두유량은 $50.05 \text{ m}^3/\text{sec}$ 로 나타났다.

3.4.2 각 등시간별 유출량 산정결과 비교

위의 세가지 방법에 따른 유출모형 실행 결과는 그림 11에서 보는 바와 같이 각 방법별 첨두유량과 그 발생시간의 차이는 임의방법과 등거리간격에 의한 등시간선도에서의 유출량 수문곡선보다 이론적 방법에 의한 등시간선에서의 유출량 수문곡선이 첨두시간과 첨두유량에 대하여 차이를 나타내는 것을 알 수 있었다. 실제 관측유량과는 이론적 방법에 의한 등시간선에서의 유출량 산정이 비교적 유사한 것을 알 수 있었다.

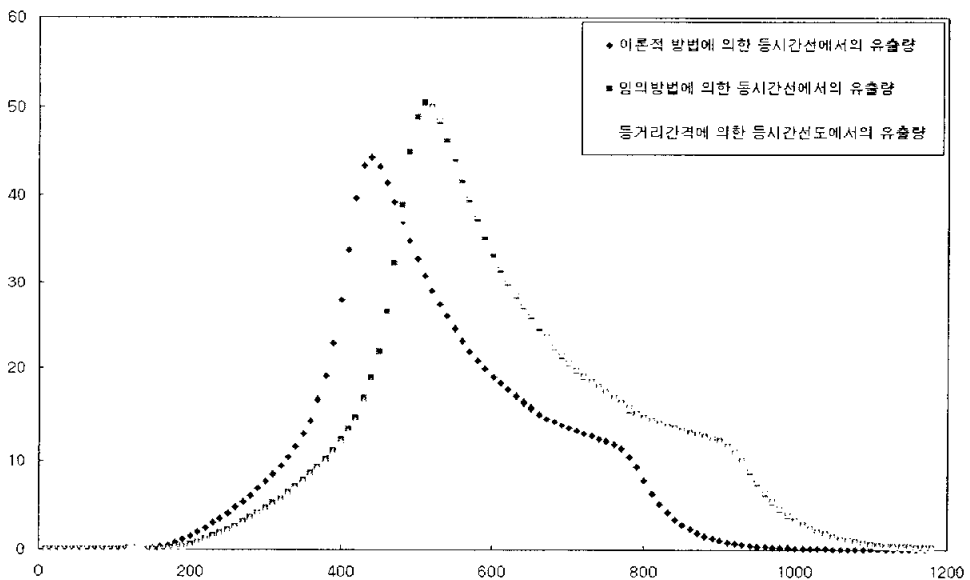


그림 11 각 등시간선도 작성법에 따른 수문곡선

제 4 장 CN 및 하천유출량 산정시스템 구축

본 시스템 개발의 기준은 CN 산정시 Avenue script를 이용하여 기존의 수작업 및 Arcview를 이용한 계산방법보다 효율적인 방법 수행에 중점을 두고 있다. 현재는 지형도와 토지이용도 그리고 토양도를 구비하고 있으면 어떠한 대상유역에서든 CN을 손쉽게 구할 수 있는 프로그램이 구축되어 있다.

또한 Visual Basic과 Map Object로 설마천 연구대상유역에 대한 유역의 특성을 알아보고자 시스템을 구축하여 반복적인 유출모형의 수행을 가능하게 하였다.

4.1 Quadtree기법을 이용한 CN자료의 압축 및 저장

본 논문에서는 토지이용도와 토양도에 대한 각각의 분류코드를 표 10과 같이 분류하여 정리하였다. 산지, 농경지, 주거지역에 따라 코드를 각각 30, 40, 50으로 분류하였으며 토양도의 경우 A, B, C, D 타입에 따라 각각 1, 2, 3, 4의 코드를 부여하였다. 이들 코드를 합(合)하게 되면 s-code를 생성하며 s-code는 각각 CN을 부여 받아 CN에 따른 면적을 산출하여 최종 CN을 구하게 된다.

Arcview에 의한 CN산정 시스템을 구동하기 위해서는 그림 12와 같이 하나의 작업을 수행하여야 한다. 이는 수치지도에 속성데이터를 입력하는 과정으로 기존의 수치지도에 입력되어 있지 않은 토양도와 토지이용도에서의 각각의 속성들을 Shape파일 형태에서 입력한다. 예를 들면 토지이용도에서 하나의 폴리곤이 산림의 특성을 포함하는 면적이라면 산림에 해당하는 코드를 입력하는 방식이다. 이와같은 작업을 통하여 토지이용도와 토양도의 특성을 분류하였고 기존의 GIS작업 혹은 본 CN 산정시스템을 통한 작업이 수행될 수 있다.

표 10 CN 산정 코드표 (quadtree를 이용한 code부여)

토지이용도 (Field Name: Land)		토양도 (Field Name: ABCD)		S-Code	CN
구분	Code	구분	Code		
수계	10			10	100
산지, 밭	30	M(A Type)	1	31	68
	30	A(B Type)	2	32	79
	30	R(C Type)	3	33	86
	30	F(D Type)	4	34	91
농경지	40	M(A Type)	1	41	71
	40	A(B Type)	2	42	85
	40	R(C Type)	3	43	87
	40	F(D Type)	4	44	93
도시지역 및 주거지	50	M(A Type)	1	51	77
	50	A(B Type)	2	52	85
	50	R(C Type)	3	53	90
	50	F(D Type)	4	54	92

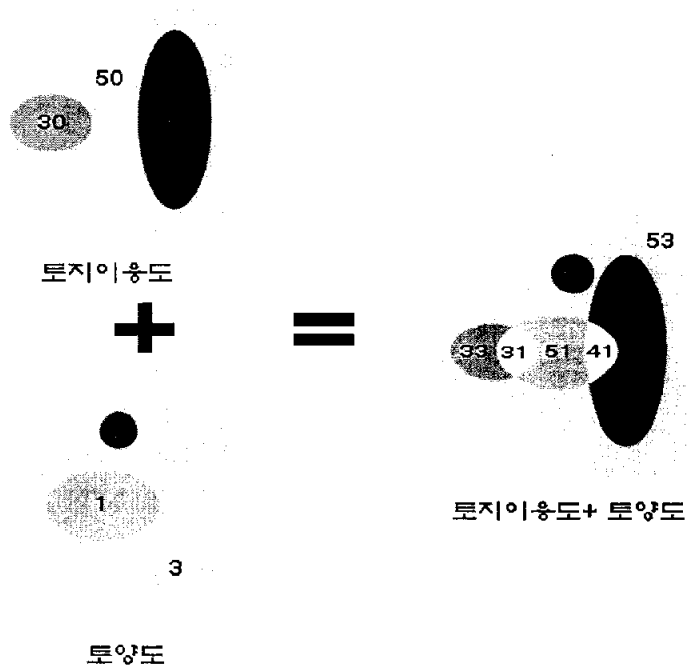


그림 12 Summarize code 과정

4.2 Avenue script에 의한 CN

기존에 CN을 구하는 방법은 수작업에 의한 방법이 주류를 이루었으며 소수의 방법으로는 GIS를 이용하여 토지이용도와 토양도를 수치지도로 구축을 하였고 이를 이용하여 각 수치지도를 격자 크기별로 GIS를 산정한 후 중첩분석을 통하여 CN을 산정하였다.

본 연구에서는 Avenue script를 이용하여 기존의 셰이프 파일 변환, 격자크기에 따른 격자변환, 중첩분석을 위한 map-calculation의 과정을 최대한 간편히 하여 CN을 산정할 수 있도록 하였다. 실제 설마천 유역에 대한 CN산정시 시간적 비교의 결과 수작업은 72시간, GIS작업은 5시간, Avenue script를 이용한 GIS작업의 경우 30분으로 많은 시간이 단축되는 것을 알 수 있다(부록참조).

본 시스템은 CN을 산정하는 과정 중 S-Code(summarize code)까지 추출하며 이때 Excel파일에서 s-code와 해당코드의 산출면적을 필드값에서 추출하여 code에 적정한 CN값을 입력하면 전체면적에 대한 CN이 산출된다. 현재는 Arcview를 이용하여 산출코드를 통해 바로 CN을 추출할 수 있는 과정이 연구 중에 있으나 excel파일에서 산출하는 과정이 간단하므로 이러한 과정이 중요한 과정이라고 판단되지 않는다.

기존의 Arcview에 의한 GIS작업의 경우 셰이프 파일에 코드를 부여한 후 토양도와 토지이용도를 각각 격자크기에 따라 변환시켜 중첩 분석을 실행하였다. 그러나 격자에 의한 중첩분석의 코드는 아직 공개되어 있지 않으며 script에 의한 GIS작업의 경우 script 구축 시 격자에 의한 중첩분석이 되지 않았다는 것을 발견하여 코드를 부여한 shape형태의 중첩방법을 도출하는 과정에서 기존 GIS작업의 역발상을 통하여 얻어진 것이다.

또한 중첩된 셰이프 파일을 grid파일로 변환하여 변환에서 얻어지는 과정의 오류와 오차를 줄일 수 있도록 셰이프파일에 의한 면적산출을 하려는 연구가 진행되었지만 수치지도의 미세한 오류에 의한 셰이프파일에

서의 면적 오차가 더욱 크며, 이를 간편히 활용할 수 있는 활용성에 대해서도 부적절하다고 판단되어 grid파일의 변환에 의한 격자의 면적을 산출하게 되었다. 그림13은 위와 같은 수행방법으로 짜여진 스크립트를 Arcview창에서 보여주고 있다.

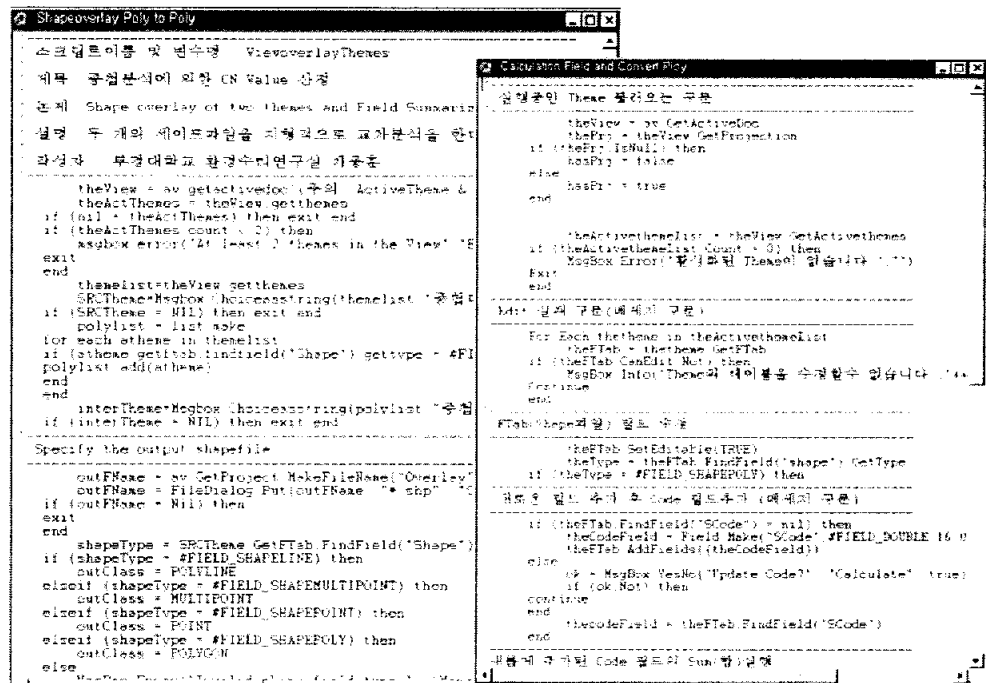


그림 13 Avenue Script

4.3 Arcview에 의한 CN 산정시스템 구축

Avenue script에 의한 CN 산정은 Arcview를 이용하여 시스템을 구축하였다. Arcview에 의한 CN 산정시스템은 avenue script를 Ave파일로 변환하여 시스템 내에 삽입하였다. 그리고 이에 따른 shape overlay와 smmairze field and convert grid의 실행은 실행 아이콘과 메뉴바를 통하여 실행 할 수 있도록 하였다. 그림 14 및 그림 15에서는 shape overlay와 smmairze field and convert grid 과정에서의 실행과정을 표현하고 있다.

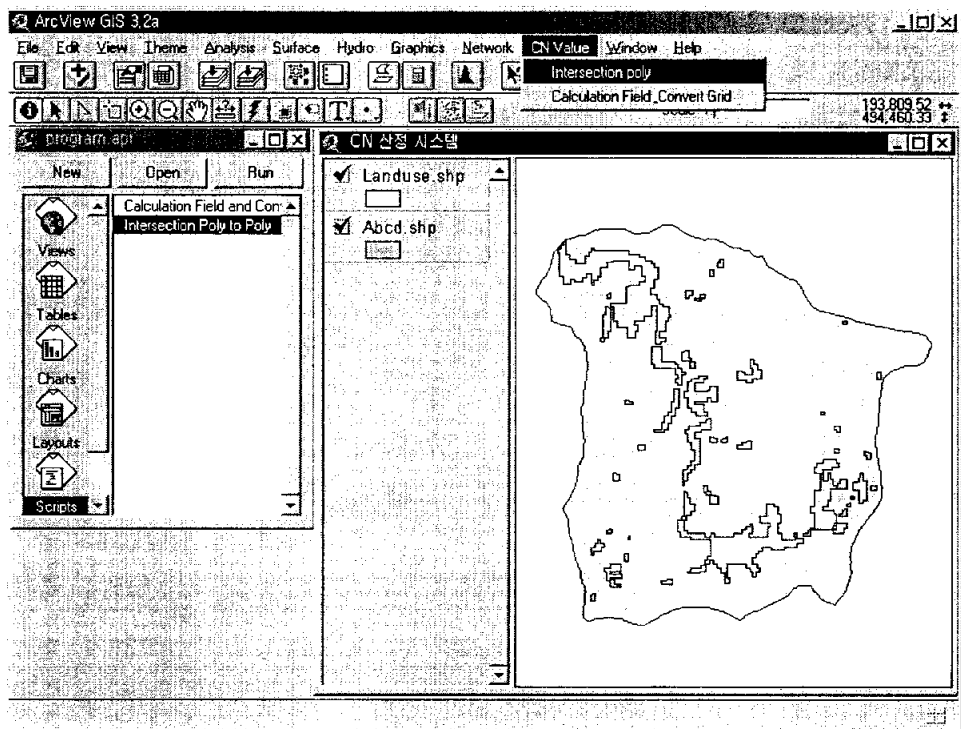


그림 14 메인 화면의 실행아이콘 및 메뉴바

shape overlay의 과정은 먼저 중첩대상의 shape1파일과 shape2파일을 선택하여 중첩대상이 되는 새로운 파일을 생성한다. 여기서 새롭게 생성되는 파일명은 overlay라는 명으로 통일되었으며 다음으로 화면표시의 결정과 표시하는 view창의 선택 순으로 프로그래밍 되어있다. 중첩되는 대상 파일의 필드는 토양군을 대표하는 ABCD필드와 토지이용도를 대표하는 land필드가 존재하여야 한다.

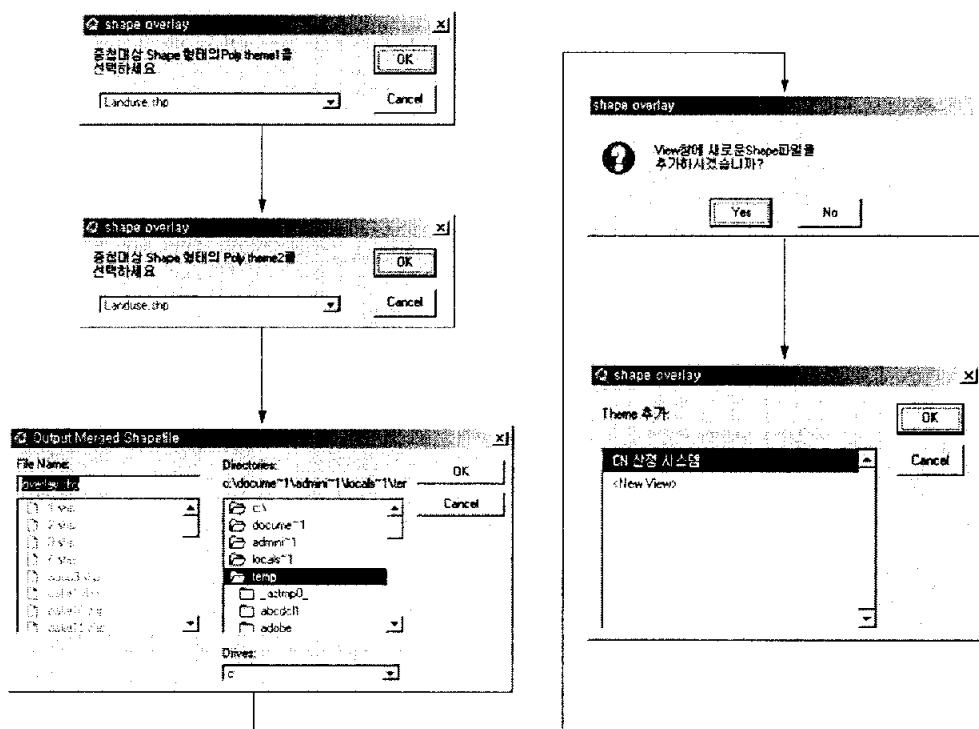


그림 15 Arcview shape overlay 과정

그림 16에서의 summarize field 과정은 토양도와 토지이용도에서의 각각의 코드를 중첩시키게 된다. shape overlay과정에서는 각각의 공간정보가 중첩되었으므로 이를 하나의 코드로 통합하여야 할 필요가 있다. 따라서 s-code라는 필드를 생성시켜 abcd필드와 land필드가 중첩되어 나타내어진다. convert grid과정은 이렇게 중첩되어 생성된 셰이프파일을 그리드화시키는 과정을 말한다. grid 변환과정이 필요한 이유는 셰이프파일의 상태로는 면적을 정확히 산정할 수 없기 때문이다. 따라서 grid 변환을 통하여 각 코드에 속하는 면적을 산출하게 된다. grid의 변환과 코드에 속하는 면적은 그림 17에서와 같이 셀(cell) 형태로 나타난다.

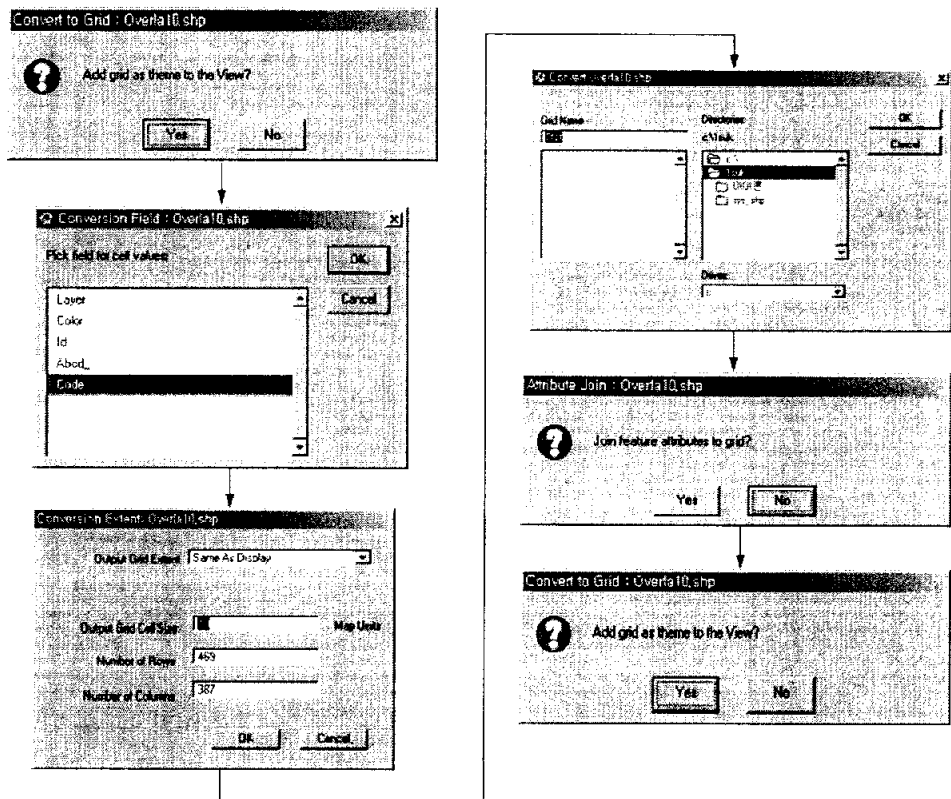


그림 16 Arcview summarize field 및 convert grid 과정

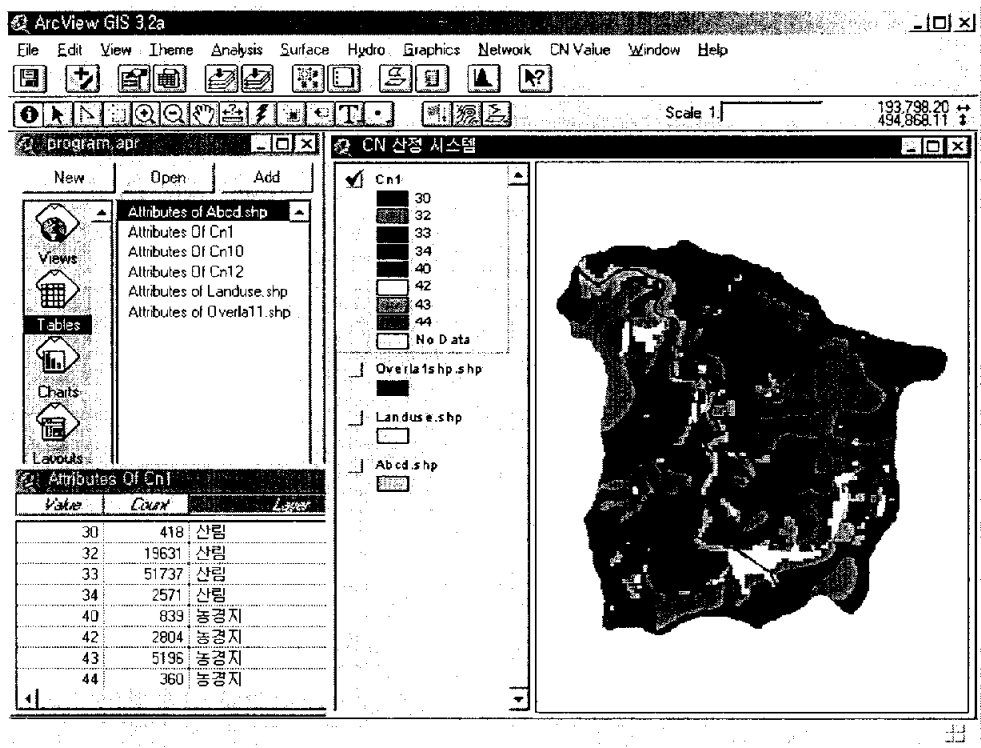


그림 17 Arcview에 의한 CN s-code 완성

4.4 하천유출량 산정시스템

하천유출량 산정시스템은 향후 과제의 형태이다. 현재 실행되며 산정할 수 있는 내용은 다음과 같으며 많은 부분이 보완 및 수정이 되어야 할 것이다. 그림 18은 지도를 보여주는 하나의 지도 창과 보조화면 창이 각각의 실행아이콘으로 구성되어있는 것을 나타내고 있다. 메인 화면은 Arcview, Arc/Info와 excel를 통하여 공간자료와 속성자료를 입력하였으며 기본적으로 메뉴바, 아이콘바, 좌표바, 입력창으로 구성되며 세부적으로는 CN 산정, CN 분포와 대상유역에서의 Clark방법에 의한 홍수량 산정, 홍수량 산정에 필요한 확률강우량 입력 및 확률강우량의 시간적 분포를 산정할 수 있도록 나타내었다. 그리고 Clark방법에 의한 홍수량 산정 후 재현기간별 홍수량을 볼 수 있는 창을 마련하였다.

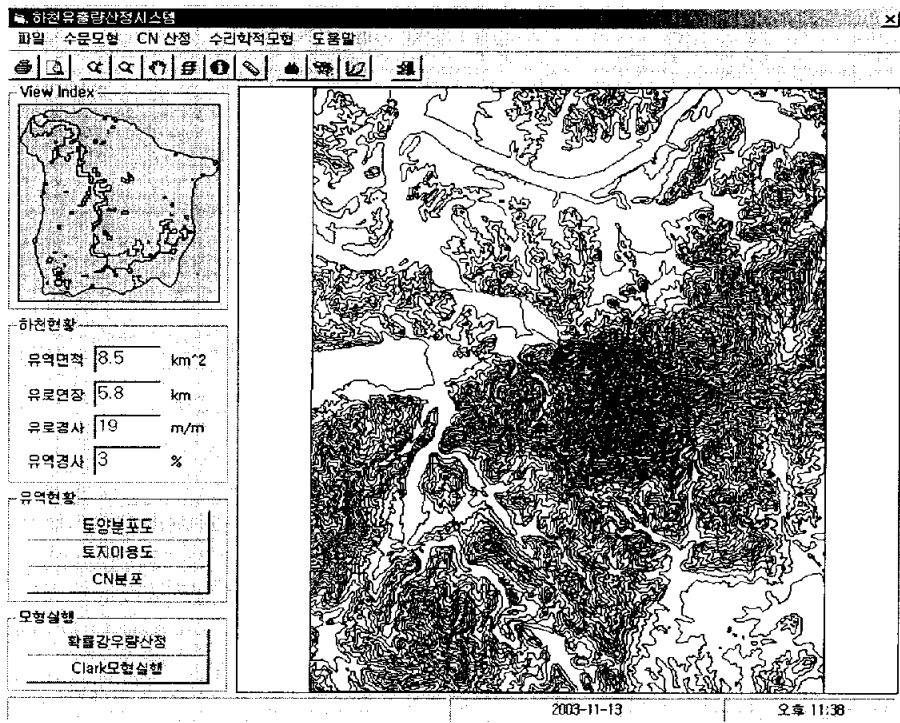


그림 18 메인화면

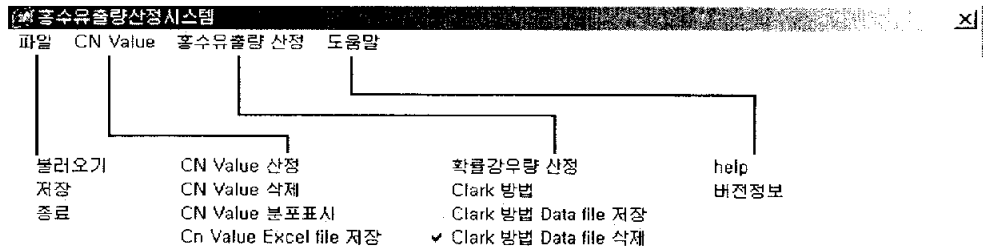


그림 19 메뉴바 항목

또한 메뉴바는 시스템의 주 기능들을 모아 놓은 곳으로, 하천유출시스템의 주 기능에 대한 리스트를 제공하며 그 구성은 그림 19에서 보는 바와 같이 파일, CN, 하천유출량 산정, 도움말 등으로 되어 있으며 세부 기능은 표 11과 같다. 그리고 메뉴바의 기능을 간편화한 아이콘 도구모음은 그림 20에 나타난 것과 같이 기본적인 저장, 불러오기, 출력, 전체화면표시, 확대, 축소, pan기능, 정보창표시, 스케일표시, 그리고 CN 산정화면과 확률강우량 산정화면 등의 보조화면을 불러 올 수 있는 두 개의 아이콘으로 표시된다. 메인에서의 유역현황에 의한 각각의 아이콘을 실행하면 토양도와 토지이용도 중첩도와 같은 clip형태의 파일이 view창에 나타나게 된다.

표 11 메뉴바의 기능

메뉴	기능
파일	시스템의 열기 및 종료와 관련된 기능
CN Value	CN Value 산정 및 출력
하천유출량 산정	확률강우량 산정 및 홍수유출량 산정 및 출력
도움말	help 및 버전정보 표시



그림 20 아이콘바 항목

4.5 하천유출량 산정시스템에서의 유출량 구축도 작성

Clark방법에 의한 하천유출량 산정은 그림 21과 같이 모형에 저장되어진 CN과 강우량 자료의 분포 후 저류량(S)을 산정하여 Fortran으로 프로그램이 구축된 Clark방법에 의해 홍수유출량을 산정하였고 산정자료를 바탕으로 단위도를 유도하여 Clark방법에 의한 결과값이 나타나게 된다. 메인화면의 하단에는 다음과 같이 재현기간별 홍수량이 표시된다. 또한 Clark에 의한 결과값은 별도로 data파일을 통해 출력할 수 있다.

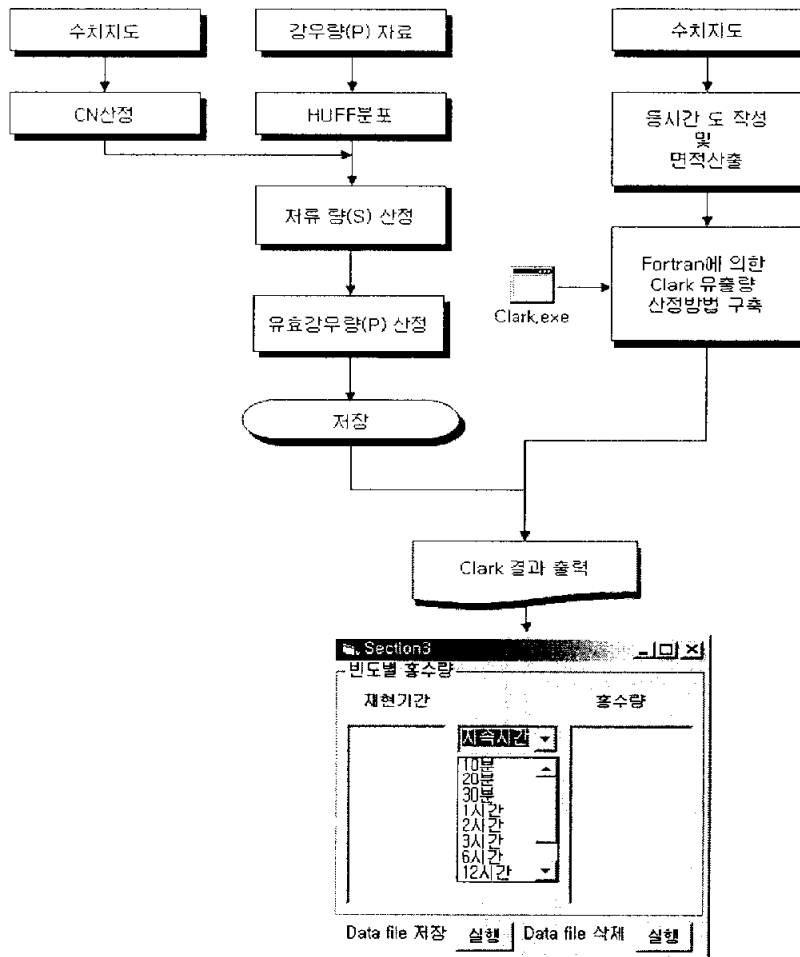


그림 21 홍수유출량 구축도

제 5 장 결론

본 연구는 시험유역인 설마천 유역을 대상으로 유출모형의 매개변수 추정 및 GIS를 이용한 CN산정시스템 및 하천유출시스템을 구축하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, GIS를 응용하여 CN을 추정한 결과 시험유역의 운영 및 수문특성 조사 연구 보고서의 CN과 큰 차이를 보이지 않았으며, grid size 50×50에서 CN이 가장 적정한 것으로 판단된다.

둘째, GIS를 이용한 Quadtree기법의 자료의 압축 기법과 Avenue script에 의한 프로그램 개발을 통하여 유출모형의 매개변수를 추출하는데 기존의 GIS작업보다 작업과정을 단축하여 시간 및 인력을 줄일 수 있었으며 객관적인 유출량을 산정하는데 도움이 되었다.

셋째, Visual Basic과 Map Object로 시스템을 구축하여 사용자의 접근을 쉽게 할 수 있었으며 반복적인 유출모형의 수행을 가능하게 함으로써 연구대상유역의 특성을 파악하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김계현 (2002). GIS 개론. 대영사.
2. 김광섭 (2002). “Contraction mapping 기법을 사용한 remotely sensed 토양수분자료의 down scaling에 관한 연구.” 학술발표회 논문집, 한국수자원학회.
3. 김경탁 (1998). GIS 적용에 따른 유출응답에 관한 연구. 박사학위논문, 인하대학교.
4. 김경탁 (2003). “정밀토양도를 이용한 CN 산정에 대한 제안.” 한국수자원학회 학술기사, 제36권, 제4호, pp. 45-53.
5. 김남원, 김창완, 우효섭 (2002). “태풍 루사(Rusa)의 강우 특성과 홍수피해 특성.” 학술발표회 논문집, 대한토목학회, pp. 15-22.
6. 김석규, 김철 (2002). “PRMS을 이용한 도시화에 의한 수문영향 평가.” 학술발표회 논문집, 한국수자원학회.
7. 김홍태, 장종경, 신현석 (2002). “GIS와 신경망기법을 이용한 CN값 산정에 관한 연구.” 학술발표회 논문집, 대한토목학회.
8. 농업기술연구소 (1992). 증보 한국토양총설, 농업진흥청.
9. 박범성 (1999). 소유역에 있어서의 지하수함양율 추정기법. 박사학위논문, 충북대학교.
10. 선우중호, 윤용남, 심순보, 이순탁 (1977). “정밀계측된 소유역의 강우 및 유출 특성.” 한국수문학회지, 물의과학, 제10권, 제1호, pp. 53-70.
11. 안승섭, 진명희, 조명호 (1999). “위성영상을 이용한 평균유출수 산정.” 추계학술논문발표회 논문집, 한국지리정보학회, pp. 105-111.
12. 우효섭 (2002). “홍수와 더불어 사는 사회의 구현.” 대한토목학회지, 대한토목학회, pp. 4-5.
13. 유복모 (1994). 지형공간정보 개론. 동명사.
14. 육승우 (2003). “CN값 산정시 GIS 활용에 관한 연구.” 학술발표회 논

- 문집, 한국수자원학회.
15. 윤태훈 (1990). 중소유역의 유효강우량 산정을 위한 SCS 곡선번호방법의 적용성 연구, 국제수문개발계획(IHP)연구보고서, 건설부.
 16. 윤태훈 (1997). 응용수문학. 청문각.
 17. 조용재 (2003). “GIS를 이용한 유출모형의 매개변수 추정에 관한 연구.” 학술발표회 논문집, 한국수자원학회.
 18. 조용재 (2003). GIS를 이용한 상습침수지역의 관리시스템 구축. 석사학위논문, 부경대학교.
 19. 정인주, 이정민, 김상용, 이종출 (2002). “DEM에 의한 지형인자 추출에 따른 격자크기의 영향에 관한 연구.” 한국지형공간정보학회논문집, 한국지형공간정보학회, 제10권, 제2호.
 20. 정인주 (2003). 3차원 Virtual GIS를 이용한 도시하천관리시스템 구축. 박사학위논문, 부경대학교.
 21. 정정화, 장승표, 김호일, 정연태, 허기술, 박호 (1995). “유출률 추정을 위한 토양 수문군의 분류.” 한국농공학회지, 제37권, 제6호, pp. 12-32.
 22. 홍일표 (2001). 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구 - 2001년 설마천 시험유역. 7차년도 연구보고서, 한국건설기술연구원.
 23. 허기술, 정정화 (1987). “한국토양의 수문학적 분류 및 그 응용.” 농공기술, 제4권, 제4호, pp. 47-61.
 24. Bruneau, P., Gascuel-Oudou, C., Robin, P., and Beven, K.J. (1995). “Sensitivity to space and time resolution of a hydrological model using digital elevation data.” *Hydrological processes*, Vol. 9, pp. 69-81.
 25. Gregory, R.L., and Arnold, C.E. (1932). “Runoff-rational runoff formulas, Transactions.” *ASCE*, Vol. 96, pp. 1083-1099.
 26. Izzard, C.F. (1946). “Hydraulics of runoff from developed surfaces.” *Proceedings, Highway*, Vol. 26, pp. 129-150.

27. Jean-Marc, P., Josien, E., and Philippe, M. (2002). "Farms adaptation to changes in flood risk: a management approach." *Journal of Hydrology*, Vol. 267, pp. 12-25.
28. John, R.J. (1996). "Introductory Digital Image Processing; A Remote Sensing Perspective." 2nd edition, Prentice Hall, pp. 197-231.
29. Kent, R.J., and Johnson, D.E. (2001). "Influence of flood depth and duration on growth of lowland rice weeds, Cote d'Ivoire." *Crop Protection*, Vol. 20, pp. 691-694.
30. Moore, I.D., Lewis, A., and Gallant, J.C. (1993). "Terrain attributes: Estimation methods and scale effects." In Jakeman, A.J., Beck, B., and McAleer, J. (Eds.), *Modeling change in environmental systems*. pp. 189-214.
31. Papadakis, C.N., and Preul, H.C. (1972). "University of Cincinnati Urban Runoff Model." *Journal of Hydraulic Div.* Vol. 98, HY10, pp. 1784-1789.
32. Paul J.C. (1985). "Principles of remote Sensing." *Longman Scientific & Technical*, pp. 209-221.
33. Schaake, J.C., Geyer, J.C., and Knapp, J.W. (1967). "Experimental examination of the rational method." *Journal of Hydraulic Engineering*, Div. Vol. P3, No. HY6, pp. 353-369.
34. Schulz, E.F., and Lopez, O.G. (1974). "Determination of urban watersheds response time." *Hydrology Papers*, No. 71, Colorado State University Fort Collins, Colorado, pp. 1-39.
35. Sinnakaudan, S.K., Ghani, A.A., Mohd, S.S., and Ahmad, A.Z. (2003). "Flood risk mapping for Pari River incorporating sediment transport." *Journal of Environmental Modelling & Software*, Vol. 18, pp. 119-130.

36. Papadakis, C.N., and Preul, H.C. (1972). "University of Cincinnati Urban Runoff Model." *Journal of Hydraulic, Div.* Vol. 98, HY10, pp. 1784-1789.
37. Philip, A.T., and Stephen, J.W. (1998). "Modeling floodplain inundation using an integrated GIS with radar and optical remote sensing." *Journal of Geomorphology*, Vol. 21, pp. 295-312.
38. Vieux, B.E., Farajalla, N.S., and Gaur N. (1996). "Integrated GIS and distributed storm water runoff modeling." *GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues* (Goodchild, M.F., Steyaert, L.T., and Parks, B.O. eds.), GIS World, Inc, pp. 199-205.
39. Werner, M.G.F. (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.

부록

(Avenue Script)

```

'-----
' 스크립트이름 및 변수명 : viewoverlayThemes
'
' 제목: 중첩분석에 의한 CN 산정
'
' 논제: Shape overlay of two themes and Field Summarize and Convert Grid
'
' 설명: 두 개의 셰이프파일을 지형적으로 교차분석을 한다. 교차 theme은 폴리곤
        혹은 라인으로 구성되어 중첩된다. OutPut File은 교차된 두 개의 theme
        의 속성테이블로 구성된다.
'-----

    theView = av.getactivedoc'(주의; ActiveTheme & View)
    theActThemes = theView.getthemes
    if (nil = theActThemes) then exit end
    if (theActThemes.count < 2) then
        msgbox.error("At least 2 themes in the View","Error")
    exit
    end

    themelist=theView.getthemes
    SRCTheme=Msgbox.Choiceasstring(themelist,"중첩대상 Shape 형태의
Poly theme1을 선택하세요","Intersect")
    if (SRCTheme = NIL) then exit end
    polylist = list.make
    for each atheme in themelist
    if (atheme.getftab.findfield("Shape").gettype = #FIELD_SHAPEPOLY) then
    polylist.add(atheme)
    end
    end

    interTheme=Msgbox.Choiceasstring(polylist,"중첩대상 Shape 형태의 Poly
theme2를 선택하세요","Intersect")
    if (interTheme = NIL) then exit end
'-----

' Specify the output shapefile...
'-----

    outFName = av.GetProject.MakeFileName("Overlay", "shp")
    outFName = FileDialog.Put(outFName, "*.shp", "출력Shapefile명 입력")
    if (outFName = Nil) then
    exit

```

```

end
    shapeType = SRCTheme.GetFTab.FindField("Shape").GetType
if (shapeType = #FIELD_SHAPELINE) then
    outClass = POLYLINE
elseif (shapeType = #FIELD_SHAPEMULTIPOINT) then
    outClass = MULTIPOINT
elseif (shapeType = #FIELD_SHAPEPOINT) then
    outClass = POINT
elseif (shapeType = #FIELD_SHAPEPOLY) then
    outClass = POLYGON
else
    MsgBox.Error("Invalid shape field type.", "Merge Themes")
    exit
end
'-----
'Set the variables
'-----

    OutputFTab = FTab.MakeNew( outFName, outClass )
    SRCfields = List.Make
    InterFields = List.Make
for each f in SRCTheme.GetFTab.GetFields
if (f.GetName = "Shape") then
continue
else
    fCopy = f.Clone
    SRCfields.Add(fCopy)
end
end

    interfieldlist=list.make
for each f in interTheme.GetFTab.GetFields
if (f.GetName = "Shape") then
continue
else
    fCopy = f.Clone
    dCopy = F.Clone
for each thefield in SRCfields
if (thefield.getname = fcopy.getname) then

```

```

if (fcopy.getname.count > 7) then
    fcopy.setname((fcopy.getname.right(fcopy.getname.count - 1))+ "b")
else
    fcopy.setname(fcopy.getname+"b")
end
end
end
    interFields.Add(fCopy)
    interfieldList.add({fCopy,dCopy})
end
end

'-----
'add the fields to the output file
'-----

if (SRCFields.Count > 0) then
    OutputFTab.AddFields( SRCFields )
end
if (InterFields.Count > 0) then
    OutputFTab.AddFields( InterFields )
end
    outshpFld = OutputFtab.findfield("Shape")
    Theme1 = SRCTheme
    ftab1=Theme1.getftab
    shpFld1=ftab1.findfield("Shape")
    therecs1 = ftab1.getselection
    theoldsel = ftab1.getselection.clone
if (therecs1.count=0) then
    therecs1=ftab1
end
    Theme2 = InterTheme
    ftab2=Theme2.getFtab
    shpFld2=ftab2.findfield("Shape")
    therecs2 = ftab2.getselection
if (therecs2.count=0) then
    therecs2=ftab2
end
    OutputFtab.seteditable(False)

```



```

        OutputFtab.seteditable(True)
        acount=0      'A counter variable..
'-----
'Start processing each record in the selected overaly polys
'-----
    for each arec2 in therecs2
'-----
'get the polygon shape and select all records within that shape
'-----
        theSRCshape = ftab2.returnvalue(shpfld2,arec2)
        if (theView.getprojection.isNull) then
            Theme1.SelectbyShapes({theSRCshape}, #VTAB_SELTYPE_NEW)
        else
            pshp=theSRCShape.returnProjected(theView.getprojection)
            Theme1.SelectbyShapes({pshp}, #VTAB_SELTYPE_NEW)
        end
'-----
'For each selected record
'-----
        recordcount = 0
        for each Selrec in ftab1.getselection
            recordcount=recordcount +1
            av.showmsg("Spliting Shapes...")
            av.setstatus((recordCount / ftab1.getselection.count) * 100)
'-----
'Get the shape of the record and If the output is a line
'-----
        SelectedShape = ftab1.returnvalue(shpfld1,Selrec)
        if (outshpfld.getType = #FIELD_SHAPELINE) then
            if (SelectedShape.iscontainedin(theSRCShape)) then
                alineshp = SelectedShape
            else
                'Else split the line using the polygon
                alineshp = SelectedShape.LineIntersection(theSRCshape)
            end
'-----
'Add the new record and Set the shape value
'-----

```

```

        theoutrec=outputftab.addrecord
        outputFtab.SetValue(outshpfld,theoutrec,alineshp)
'-----
'Set the field values
'-----

    for each afield in SRCfields
        oldfield=ftab1.findfield(afield.getname)
        oldvalue=ftab1.returnvalue(oldfield,selrec)
        outputftab.setValue(afield, theoutrec, oldvalue)
    end
'-----
'Set the field values
'-----

    for each afield in InterfieldList
        oldfield=ftab2.findfield((afield.get(1).getname))
        oldvalue=ftab2.returnvalue(oldfield,arec2)
        outputftab.setValue(afield.get(0), theoutrec, oldvalue)
    end
    else 'This enters into the polygon loop
        shpIntersect = SelectedShape.ReturnIntersection(theSRCshape)
    if (shpintersect.isempty) then
        continue
    end
        theoutrec=outputftab.addrecord
        outputFtab.SetValue(outshpfld,theoutrec,shpIntersect)
    for each afield in SRCfields
        oldfield=ftab1.findfield((afield.getname))
        oldvalue=ftab1.returnvalue(oldfield,selrec)
        outputftab.setValue(afield, theoutrec, oldvalue)
    end
    for each afield in InterfieldList
        oldfield=ftab2.findfield((afield.get(1).getname))
        oldvalue=ftab2.returnvalue(oldfield,arec2)
        outputftab.setValue(afield.get(0), theoutrec, oldvalue)
    end
    end 'if its poly or line
        av.purgeobjects

```

```

        end 'end for each selected record
        end 'ends the for each on arecl
'-----
'Set editing OFF and reset the initial selection to the Ftab1
'-----
        Outputftab.seteditable(false)
        ftab1.setselection(theoldsel)
        ftab1.updateselection
        if (MsgBox.YesNo("View창에 새로운Shape파일을 추가하시겠습니까?",
"shape overlay", true).Not) then
            exit
        end
'-----
' Create a list of views and allow the user to choose which view to
' add the new theme to...
'-----
        viewList = {}
        for each d in av.GetProject.GetDocs
            if (d.Is(View)) then
                viewList.Add( d )
            end
        end
'-----
' Include a choice for a new view...
'-----
        viewList.Add("<New View>")
        addToView = MsgBox.ListAsString( viewList,"Theme 추가:", "shape
overlay" )
'-----
' Get the specified view, make the theme, and add it...
'-----
        if (addToView <> nil) then
            if (addToView = "<New View>") then
                addToView = View.Make
                addToView.GetWin.Open
            end
            mergeTheme = FTheme.Make( OutputFTab )

```

```

        addToView.AddTheme( mergeTheme )
'-----
' Bring the View to the front...
'-----

        addToView.GetWin.Activate
    end
        av.purgeobjects
        theView = av.GetActiveDoc
        thePrj = theView.GetProjection
    if (thePrj.IsNull) then
        hasPrj = false
    else
        hasPrj = true
    end
'-----
' 실행 중인 Theme 불러오는 구문
'-----

        theView = av.GetActiveDoc
        thePrj = theView.GetProjection
    if (thePrj.IsNull) then
        hasPrj = false
    else
        hasPrj = true
    end

        theActivethemeList = theView.GetActivethemes
    if (theActivethemeList.Count = 0) then
        MsgBox.Error("No active themes.", "")
        Exit
    end
'-----
' Edit 실패 구문(메세지 구문)
'-----

    For Each thetheme in theActivethemeList
        theFTab = thetheme.GetFTab
    if (theFTab.CanEdit.Not) then
        MsgBox.Info("Cannot edit table for theme:"++thetheme.AsString, "")
        Continue

```

```

end
'-----
' FTab(Shape파일) 필드 수정
'-----

theFTab.SetEditable(TRUE)
theType = theFTab.FindField("shape").GetType
if (theType = #FIELD_SHAPEPOLY) then
'-----
' 새로운 필드 추가 후 Code 필드추가 (메세지 구문)
'-----

if (theFTab.FindField("Code") = nil) then
    theCodeField = Field.Make("Code",#FIELD_DOUBLE,16,0)
    theFTab.AddFields({theCodeField})
else
    ok = MsgBox.YesNo("Code를 업데이트 하시겠습니까?", "Calculate", true)
    if (ok.Not) then
        continue
    end
    thecodeField = theFTab.FindField("Code")
end

'-----
'새롭게 추가된 Code 필드의 Sum(합)실행
'-----

the_field1 = theftab.findfield("Abcd_") '(토양도필드 추가시 Abcd_필드명 고정)
the_field2 = theftab.findfield("Id") '(토지이용도필드 추가시 ID_필드명 고정)
new_field = theftab.findfield("Code") '(프로그램에 의해 자동생성 필드)
theftab.seteditable(TRUE)

for each row in theftab
    field_val1 = theftab.returnvalue(the_field1, row)
    field_val2= theftab.returnvalue(the_field2, row)
    last_val = field_val1 + field_val2
    theftab.setvalue(new_field, row, last_val)
end

theftab.seteditable(FALSE)

end

end
end

```

```

' -----
' 웨이퍼파일을 Grid로 변환(주의 격자크기 10m~100m로 변환)
' -----

    theView = av.GetActiveDoc

' -----
' loop through each active theme
' -----

    firstTime = TRUE
    for each t in theView.GetActiveThemes
    if (firstTime) then
        def = av.GetProject.MakeFileName("CN", "")
    else
        def = FileName.GetCWD.MakeTmp("CN", "")
    end

' -----
' call proper script to convert theme to grid
' -----

    if (t.GetClass.GetClassName = "FTheme") then
        av.Run("Surface.FeatureToGrid",{t,def,theView})
    elseif (t.GetClass.GetClassName = "ITheme") then
        av.Run("Surface.ImageToGrid",{t,def,theView})
    elseif (t.GetClass.GetClassName = "GTheme") then
        av.Run("Surface.GridToGrid",{t,def,theView})
    elseif (t.GetClass.GetClassName = "STheme") then
        av.Run("Surface.TinToGrid",{t,def,theView})
    else
        continue
    end

    firstTime = FALSE

end

theView.GetWin.Activate

```

감사의 글

지난 2년 동안 대학원 생활을 하면서 많은 부족한 점을 발견하였고 스스로를 돌아보는 계기가 되었으며 여러 가지로 부족한 저에게 바른자세와 진리를 일깨워 주시고 본 논문이 완성되기까지 아낌없는 사랑과 정성 그리고 따듯한 충고로 세심하게 지도해 주신 김상용 교수님께 진심으로 감사 드립니다.

또한 바쁘신 와중에 본 논문이 알찬 결실을 맺을 수 있도록 면밀하게 검토해 주시고 다듬어 주신 이종출 교수님과 이상호 교수님께 감사 드리며, 학부시절부터 많은 가르침을 주신 토목공학과 김종수 교수님, 손인식 교수님, 장희석 교수님, 이종섭 교수님, 이동욱 교수님, 이영대 교수님, 김명식 교수님, 정진호 교수님, 이환우 교수님, 정두희 교수님, 국승규 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

그리고 학부사무실에서 많은 도움을 주신 백동일 조교선생님과 이병길 조교선생님께도 감사를 드립니다.

그 동안 환경수리연구실에서 따뜻하게 때로는 따끔하게 충고를 아끼시지 않으셨던 정인주선배님과 용재형, 저와 많은 생각을 공유했던 승우형, 연구실에서 힘든 뒷바라지를 한 희호에게도 감사의 마음을 전하며, 환경수리연구회 회장이신 김해수 회장님을 비롯한 회원님들에게도 고마운 마음을 전합니다.

저보다 나이는 많지만 대학원을 같이 진학하게 된 동기로서 서로 격려하며 동고동락했던 재환, 도형, 종표, 승우, 석희, 동휘, 성민, 덕준, 남신, 상민형에게도 감사의 마음을 전합니다.

10년을 넘게 형제와 같이 지내는 보물과도 같은 벗들 동우, 범일, 성호, 재준, 정욱, 종석, 지훈, 형철과 대학동기들에게도 깊은 감사의 마음을 전합니다.

저의 사랑스런 동생 수정에게 이 지면을 빌려 깊은 감사의 마음을 전

하며 항상 격려의 말을 아끼지 않았던 외할머니와 이모님에게도 감사의
말씀을 드립니다.

끝으로 저를 믿어주시고 평생을 갚아도 다 갚지 못할 사랑을 주신 아
버지와 어머니에게 이 논문을 바칩니다.

2004. 1

채종훈 올림.