

유역분지의 개발 및 수해 발생과 관련된 지형 인자 분석 -용인시 서북부 지역을 사례로*-

A Study on the Geomorphological Characteristics of Development and Flood Hazards in Watershed

성 호 현** · 반 효 원***

要 地

수도권지역은 급속한 도시화에 의한 환경관리 부족으로 인하여 집중호우시 개발된 지역이 침수되는 등 수해가 빈번히 발생하고 있으며 피해규모도 커지는 경향을 보인다. 본 연구의 목적은 하천 유역분지의 개발 여부와 수해 발생간의 상관관계를 파악하고, 유역분지 전체 및 유역분지 내 개발지역 각각에 대하여 지형 인자들의 수해 발생에 대한 기여도를 분석하는 것이다. 지형 인자를 추출하기 위하여 GIS 및 RS를 이용하였고, 유역분지의 개발과 수해 발생의 상관관계를 파악하는 데는 유역분지별 지형 인자들에 대하여 t-검증 기법을 사용하였다. 또한 수해 발생에 대한 지형 인자들의 기여도를 고찰하는 데는, 유역분지 전체의 지형 인자들과 유역분지 내 개발지역의 지형 인자들에 대하여 다중 회귀분석 기법을 사용하였다.

Abstract

Since the industrialization spread out, the metropolitan areas of Seoul have been urbanized rapidly in Korea, without concern for the quality of further development and sufficient environmental management. Due to this fact, it has become increasingly more apparent that natural hazards, such as floods and landslides, occur frequently after the summer's heavy rains, and because of that, the scale of damage is getting larger. The purpose of this study is first to analyze the relationship between development and floods in the sub-basins of the study area. In addition to this, I would like to compare the influences of geomorphological characteristics upon the floods occurring in both the whole study area and the developed area in sub-basins.

1. 서론

1.1 연구 목적

우리나라의 수도권지역은 급속한 도시화에 의한 환경관리 부족으로 인하여 집중호우시 개발된 지역이 침수되는 등 수해가 빈번히 발생하고 있으며 피해규모도 커지는 경향을 보인다. 본 연구의 목적은 하천 유역분지의 개발 여부와 수해 발생간의 상관관계를 파악하고, 유역분지 전체 및 유역분지 내 개발지역 각각에 대하여 지형 인자들의 수해 발생에 대한 기여도를 분석하는 것이다. 또한 분석을 위한 자료로써 지형 인자의 정보를 추출하는 기법에 대하여 연구하는 것이다.

1.2 연구 방법

본 연구는 다음과 같은 연구 절차를 통하여 이루어졌다.

* 본 논문은 석사학위 논문의 일부를 재구성한 것임.

첫째, 국립지리원에서 제작한 1:25,000축척의 지형도를 사용하여 연구지역의 유역분지 경계 및 하계망을 추출하여 디지털화하고, 하계밀도를 구하였다. 유역분지의 경계는 위의 지형도를 사용하여 수작업으로 경계를 설정하였으며, 유역분지를 연구지역에 위치한 1차수 하천 수준까지 경계를 설정하여 전체 연구지역을 총 230개의 유역분지로 구분하였다.

둘째, 용인시 수지읍 및 구성면의 1:5,000 지반도를 이용하여 수해 지역 분포를 디지털화하였다. 연구지역에 대규모 수해 현상이 발생한 시기(2000년 7월 22일)의 위성 영상을 구할 수 없었기 때문에 연구지역의 수해 발생 이후에 작성된 용인시청과 용인 YMCA 및 환경정의시민연대의 관련 자료들을 참고하였다.

셋째, 국립지리원에서 제작한 1:5,000축척의 수치지도를 이용하여 40m 격자의 DEM (Digital Elevation Model)을 생성하여, 유역분지 내의 지형 인자들(유역분지별 평균 고도, 평균 경사, 북향 비율, 동향 비율, 남향 비율, 서향 비율)의 정보를 추출하였다¹⁾.

또한 한국동력자원연구소에서 제작한 1:50,000축척의 한국지질도를 사용하여 유역분지의 지질구조 중에서 홍수로 인한 산사태가 일어나기 쉬운 고화되지 않은 지층(충적층(沖積層), 붕적층(崩積層), 잔적층(殘積層))의 분포를 디지털화하였다.

그리고 유역분지의 수해 발생시점에서 개발지역, 삼림, 논, 밭 분포에 대한 최근 데이터를 추출하기 위하여 2000년 5월에 촬영된 1m해상도의 기하보정된 위성영상을 사용하여 토지피복분류를 실시하였다²⁾.

분류 결과를 개발지역, 삼림, 논, 밭의 4개 레이어로 구축하고, 가장 보편적으로 사용되는 필터링(spatial filtering) 방식인 median 5x5법으로 위 5개 레이어를 필터링하였다.

<그림 1>은 위의 수치지도를 사용하여 생성하고 GRID로 나타낸 연구지역의 DEM이다. <그림 2>는 연구지역의 위성영상 감독분류 결과를 나타낸 것이다³⁾.

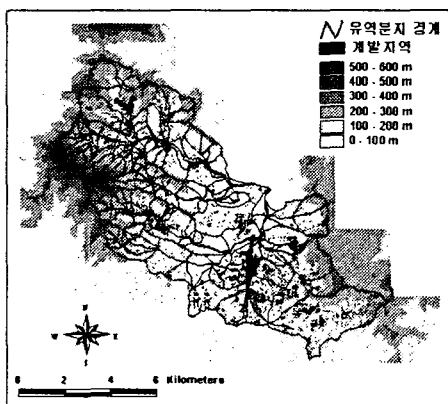


그림 1 연구지역의 DEM

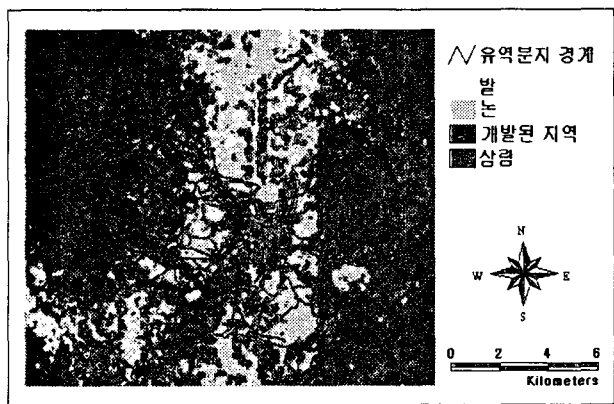


그림 2 연구지역의 위성영상 감독분류 결과

- 1 DEM 생성에는 수치지도의 사상들 중 등고선과 표고점을 사용하였고, ARC/INFO 8.0.2의 GRID 모듈을 이용하였다. 불규칙삼각망모형(TIN)을 생성하였다. 그 후 TINLATTICE 명령어를 사용하여 Quintic 내삽(interpolation)기법으로 이를 40m격자로 변환하였다. 이 때 발생하는 오류인 수렴점(sink)과 발산점(peak) 및 평면삼각면(flat triangle)에 대한 보정을 실시하였다.
- 2 본 연구에서 분포의 자료를 추출하는 데는 e-HD.COM에서 제공한 1m해상도의 IKONOS 영상의 3개 밴드(Red, Green, Blue 밴드)를 사용하였다. 연구지역의 가장 최근의 피복분류 분포를 추출하기 위해 ER Mapper 6.0을 사용하여 감독분류(supervised classification)를 실시한 후, 최대우도분류법(maximum likelihood decision rule)을 통하여 토지피복분류를 실시하였다. 감독분류를 위한 참조자료로는 환경부의 토지피복분류영상을 이용하였다.
- 3 위성영상 감독분류 결과는 연구 지역의 답사 자료와 매우 유사한 분류 결과를 보이는 것으로 나타났다.

그 후 수치지도로부터 생성된 유역분지 경계 커버리지와의 합성(union)을 위해 각각의 레이어에 있는 래스터 형태의 개체들을 벡터 형태의 개체로 변환하였다⁴⁾.

이렇게 생성된 각 지형 인자들의 분포도를 연구지역의 유역분지 바깥 경계를 기준으로 절취(clip)하고, ARC/INFO의 UNION 명령어를 이용하여 230개의 유역분지 경계 커버리지와 합성(union)하여 각 유역분지별로 지형 인자들의 속성자료를 부여하였다.

넷째, 연구지역에서 유역분지의 개발 여부와 수해 발생간의 상관관계를 알아보기 위하여, 개발된 유역분지와 개발되지 않은 유역분지의 수해 지역 면적의 차이에 대해 SPSS8.0을 사용하여 t-검증 분석을 실시하였다.

다섯째, 유역분지 전체의 지형 인자들 및 유역분지 내에서 개발된 지역의 지형 인자들의 수해발생에 대한 각각의 기여도를 다중회귀분석 기법을 통하여 알아보기 위하여, 개발 지역의 분포 커버리지를 기준으로 각 지형 인자들의 분포 커버리지를 절취(clip)하였다. 그 결과로 생성된 각 폴리곤 객체마다 유역분지의 고유번호를 부여하기 위하여 유역분지 경계 커버리지와 합성(union)하였다. 이렇게 생성된 데이터들을 개발된 유역분지의 지형 인자들의 속성자료로 입력하고 다중회귀분석을 실시하였다⁵⁾.

마지막으로, 위의 분석결과들을 종합하여 개발된 유역분지와 개발되지 않은 유역분지의 수해발생 간의 상관관계를 고찰하였다. 그리고 유역분지 전체의 지형 인자들과 유역분지 내에서 개발된 지역의 지형 인자들의 수해발생에 대한 영향력을 비교 고찰하였다.

1.3 연구지역의 개관

연구지역은 탄천(炭川)의 최남단에 위치하는 유역으로서, 연구지역 유역분지의 면적은 약 74.2km²이며 총 유로 길이는 약 88.23km이다⁶⁾. 전체적으로 고도가 높고 경사가 급한 지역과, 고도가 낮고 경사가 완만한 지역이 혼재하는 지형적인 조건을 가지고 있다⁷⁾. 이와 같은 지형 특성을 가지고 있는 연구지역의 지질은 선캠브리아기의 변성암류가 거의 전역을 차지하며, 이를 관입한 화강편마암 및 화성관입암류로 구성되어 있다. 자갈, 모래, 점토 등 쇄설물과 유기물 등으로 구성되어 있으며 미고결(未固結) 상태이다(한국동력자원연구소 1982, 10).

연구지역은 대부분이 산간 또는 산록에 산재하여 계단식 경지를 이룬다. 밭은 구릉지에 완경사지로 분포된 것이 많다. <그림 4>는 본 연구의 연구지역을 나타낸 것이다. 연구지역은 90년대 후반부터 대규모 택지화 사업으로 인하여 90년대 초부터 용인, 수원 등의 연구지역을 포함하는 경기도 남부 지역은 집중호우 등, 자연재해가 빈번하게 발생하는 지역이기도 하다. 수해 발생과 관련하여 용인시 녹지면적의 변화 추이를 살펴보면, 1992년부터 1999년 사이 용인시 녹지의 전체 면적은 점점 감소하고 훼손면적은 95년과 97년에 최대로 나타나며, 다소 변동은 있으나 증가추세이다. 용인 서북부지역에서 사업이 준공되었거나 사업계획승인을 획득한 민간주택개발사업지구는 총 145개 지구 84,106 세대로서, 이는 계획인구 40만인인 분당신도시의 86%에 해당되는 규모이다.

수해 사례는 주로 용인시 수지읍과 용인시 구성면, 용인시 기흥읍에서 나타나고 있다. 수해발생 후 집계된 용인시 수지읍과 구성면의 피해현황은 수지읍이 67동, 구성면이 89

4 벡터 변환에는 ER Mapper 6.0의 Export Vector and GIS formats 명령을 사용하였다.

5 앞서 구축된 유역분지 전체와 개발된 유역분지 각각의 수해발생에 대한 지형 인자들의 기여도를 알아보기 위하여, SPSS 8.0을 사용하여 다중회귀분석을 실시하고 각각의 분석 결과를 비교하였다.

6 탄천의 지류로는 동막천, 손곡천, 정평천, 성북천, 마북천이 있다.

7 연구지역의 지형은 서북쪽 바라산(428m)·백운산(564m)·광교산(582m)·형계산(448m) 등과 중심부에 위치한 한강 지류인 탄천 주위의 저지로 구성되어 있다.

동으로 집계되었으며, 도로 및 하천 등 시설물 피해액은 수지읍이 약 10억5천만원, 구성면이 약 67억7천만원으로 집계되었다.

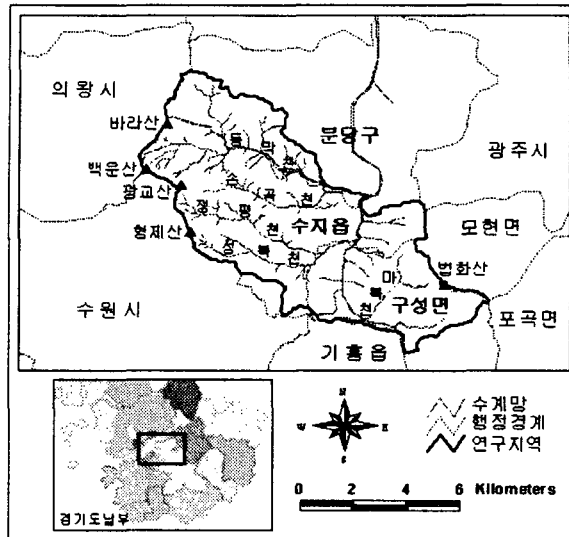


그림 4. 연구지역

3. 유역분지별 지형 인자들의 특성

3.1 유역분지 전체에 대한 특성

3.1.1 지형 인자의 특성

각 유역분지의 면적은 최소 8,000m²에서부터 최대 7,100,000m²까지 그 분포가 다양하며 평균 면적은 300,000m²이고 중앙값(median)은 160,000m²이다. 연구지역에는 단층선이 통과하는데, 주로 연구지역의 중심부인 저지대에 위치하며 하천의 본류는 단층선을 따라 흐르고 있다. 연구지역의 하계밀도는 최소 0.001부터 최대 0.49까지 분포하며, 평균은 0.046이고 중앙값(median)은 0.029이다. 각 유역분지별 고화되지 않은 지층의 최소값은 60m²이고 최대값은 1,100,000m²이며, 평균은 55,000m²이고 중앙값(median)은 9,000m²이다.

대상유역의 평균 고도값은 약 185.2m이며 중앙값(median)은 166.9m이고, 최소값은 해발고도 53m이며 최대값은 497.1m로 고도값의 지역간 격차가 심하다. 연구지역의 평균경사는 17.3도이며 중앙값(median)은 33.2도이고, 지역에 따라 최소 경사 1.6도에서 최대 경사 52.3도로 국부적인 경사의 차가 심한 것으로 나타났다. 연구지역 전체의 평균 사면 방향은 147.7도로 남향이며, 중앙값(median)은 134.5도이다. 사면 방향은 북(29.2%)-남(26.4%)-동(23.5%)-서(20.7%)의 순서로 전체 연구지역에서 각 방향이 골고루 나타났다.

3.1.2 토지피복 특성

유역분지별 개발지역 면적 평균은 34,000m²이며 중앙값(median)은 7,700m²이고, 최소값은 2m²이고 최대값은 880,000m²이다. 연구지역의 삼림 평균 면적은 35,000m²이고 중앙값(median)은 3,500m²이며, 최대값은 1,080,000m²이고, 최소값은 9m²로 나타났다. 유역분지별 논지의 면적 평균은 60,000m²이며 중앙값(median)은 17,000m²이고, 최소값은 50m²이며 최대값은 1,500,000m²이다. 유역분지별 밭의 면적 평균은 14,000m²이며 중앙값(median)은

1,000m²이고, 최소값은 4m²이며 최대값은 450,000m²이다. 그리고 유역분지 전체의 수해지역 평균 면적은 21,500m²이고 중앙값(median)은 0m²이며, 최대값은 753,500m²이고 최소값은 500m²로 나타났다.

3.2 유역분지 내의 개발지역에 대한 특성

3.2.1 지형 인자의 특성

유역분지 내 개발지역에 대하여는 지형 인자들 중에서 하계밀도 대신 하천으로부터의 거리가 사용되었다. 유역분지별 하천으로부터의 거리의 평균은 230m이며 중앙값(median)은 220m이고, 최소값은 3.8m이며 최대값은 880m이다. 유역분지 별로 개발지역의 평균 고화되지 않은 지층 면적은 10,000m²이며 중앙값(median)은 330m²이고, 최소값은 6m²이며 최대값은 200,000m²이다. 또한 유역분지 내에서 개발지역의 평균 고도값은 약 145.4m이고 중앙값(median)은 126.5m이나, 최소 고도값은 2.8m이며 최대 고도값은 505.6m로 고도값의 지역간 격차가 심하였다.

유역분지 내에서 개발지역의 평균경사는 16.5도이고 중앙값(median)은 14.2도이나 지역에 따라 최소 경사 1.1도에서 최대 경사 89.9도로 나타나 국부적인 경사의 차가 심한 것으로 나타났다. 유역분지별로 개발지역의 사면 경사값의 분포양상을 분석한 결과 사면의 기울기 값이 0~20도 사이인 대체로 평탄한 지역이 남동쪽에 치우쳐 나타나고 있고, 20도 이상의 경사도를 나타내는 지역은 북서쪽의 고기복의 지형으로 나타나고 있다. 사면의 방향 분포는 남(27.7%)-동(26.7%)-북(25.5%)-서(20.1%)의 순서로 남향에 개발지역이 비교적 많이 위치한 것으로 나타났다.

3.2.2 토지피복 특성

유역분지별 개발지역의 평균 삼림 면적은 800m²이며 중앙값(median)은 0m²이고, 최소값은 3m²이며 최대값은 14,000m²이다. 유역분지별 개발지역의 평균 논 면적은 400m²이며 중앙값(median)은 43m²이고, 최소값은 4m²이며 최대값은 10,000m²이다. 유역분지별 개발지역의 평균 밭 면적은 1,000m²이며 중앙값(median)은 8m²이고, 최소값은 4m²이며 최대값은 30,000m²이다. 유역분지별 개발지역 내에서의 수해 면적 평균은 4,234m²이며 중앙값(median)은 0m²이고, 최소값은 1.5m²이며 최대값은 221,980m²이다.

4. 유역분지의 개발과 수해 피해의 상관관계 분석

유역분지의 개발과 수해 발생의 관계를 파악하기 위해 상관관계분석을 실시하였다. 230개의 유역분지 내 개발지역의 면적을 비교하였을 때 면적이 급감하는 지점인 20,000m²를 구분 기준으로 하여, 유역분지 내 개발지역의 면적이 20,000m² 이상인 경우 해당 유역분지를 개발된 유역분지로 설정하였고, 유역분지 내 개발지역의 면적이 20,000m² 미만인 경우 해당 유역분지를 개발되지 않은 유역분지로 설정하였다. 이를 지도로 나타내면 <그림 5>와 같다.

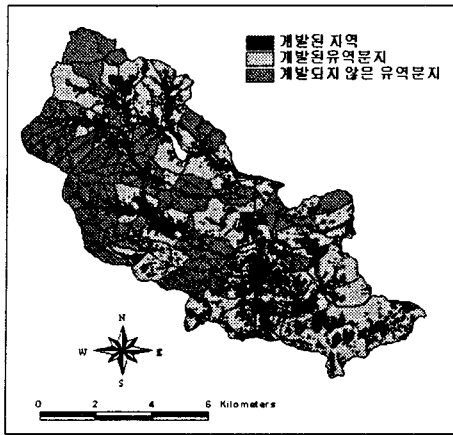


그림 5 유역분지 구분

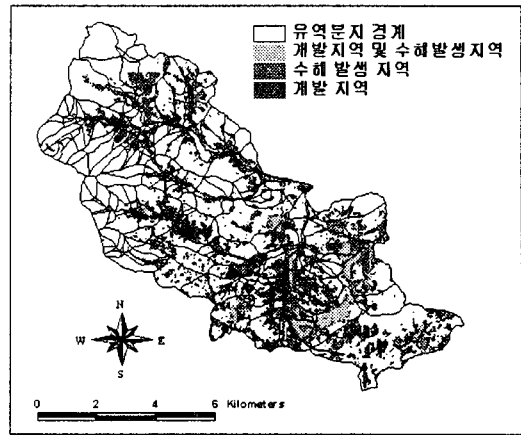


그림 6 개발지역과 수해 발생 지역의 분포

개발된 유역분지는 전체 230개 유역분지 중에서 65개로 전체의 28.3%이다. 개발되지 않은 유역분지는 165개로 전체의 71.7%로 나타났다. <그림 6>에서, 개발지역의 면적은 전체의 9.5%를 차지하고 수해 발생 지역의 면적은 전체의 5.1%를 차지한다. 개발 및 수해 발생 지역의 면적은 전체의 1.3%를 차지한다.

유역분지의 개발과 수해 발생간의 상관관계를 파악하기 위하여 다음과 같이 t-검증(t-test)을 실시하였다. 각 유역분지의 수해 지역 면적 자료를 사용하여, 개발된 유역분지와 개발되지 않은 유역분지의 수해 지역 면적을 비교하였다. 개발된 유역분지의 사례 수는 65개이고, 수해 발생 면적의 평균은 52,298.9m²이다. 개발되지 않은 유역분지의 사례 수는 165개이고, 수해 발생 면적의 평균은 4,258.9m²이다. t-검증 결과는 F값은 60.423이고 P값은 0.000를 나타냈다. 즉, 개발된 유역분지와 개발되지 않은 유역분지의 평균 수해 발생 면적의 차이는 통계적으로 유의미하므로, 유역분지의 개발 여부에 따라 유역분지의 수해 피해 공간 패턴이 다르게 나타난다. 따라서 개발된 유역분지는 개발되지 않은 유역분지에 비하여 95% 신뢰수준에서 수해가 발생할 확률이 더 높다고 볼 수 있다.

5. 유역분지 지형 인자들의 수해 피해에 대한 기여도 분석

유역분지 전체에서의 수해 면적에 대한 지형 인자들의 기여도에 대한 다중회귀분석(multiple regression analysis)과, 개발된 유역분지에서의 수해 면적에 대한 지형 인자들의 기여도에 대한 다중회귀분석이 각각 이루어졌다. 종속변수(dependent variable)에는 앞에서 도출한 각 유역분지의 수해 면적 자료를 사용하였고, 독립변수(independent variable)에는 유역분지별로 앞에서 추출한 유역분지의 지형 인자들을 사용하였다. 본 연구에서는 다중회귀분석 기법들 중에서 종속변수에 대한 독립변수들의 기여도를 측정하는데 가장 적절하다고 평가되는 엔터(Enter)방법(김홍규 1997, 311)을 이용하였다.

유역분지 전체 및 유역분지 내 개발지역 두 가지 경우에 대한 분석 결과는 아래와 같은 차이점을 보였다. <표 1>은 분석에 사용된 인자들 중 유의수준이 0.05 이하인 항목들을 열거한 것이다. 유역분지 전체와 유역분지 내 개발지역 각각의 수해 발생에 기여하는 지형 인자들은 대부분 그 특성이 서로 달랐다. 유역분지 전체의 경우 회귀모델은 사례의 약 54.3%를 설명하였고, 13개의 지형 인자들 중 유역분지 면적·개발지역 면적·삼림 면적·고화되지 않은 지층 면적·남향 면적 비율의 5개 인자들이 수해 발생에 영향을 미치

는 인자로 나타났다. 따라서 유역분지 면적·개발지역 면적이 넓을수록, 고화되지 않은 지층 면적·삼림 면적·남향 면적 비율이 좁을수록 수해가 발생할 확률이 높다고 할 수 있다.

표 1 수해 발생에 기여하는 지형 인자들

구분	인자	β계수	유의수준
유역분지 전체 ($r^2=0.543$)	유역분지 면적	0.893	0.000
	개발지역 면적	0.438	0.000
	삼림 면적	-0.385	0.000
	고화되지 않은 지층 면적	-0.310	0.000
	남향 면적 비율	-0.140	0.005
유역분지 내 개발지역 ($r^2=0.518$)	개발지역 면적	0.866	0.000
	고화되지 않은 지층 면적	-0.493	0.000
	밭 면적	0.215	0.012

유역분지 내 개발지역의 경우 회귀모델은 사례의 약 51.8%를 설명하였고, 13개의 지형 인자들 중 개발지역 면적·고화되지 않은 지층 면적·밭 면적의 3개 인자들이 수해 발생에 영향을 미치는 인자로 나타났다. 따라서 개발지역 면적 및 밭 면적이 넓을수록, 고화되지 않은 지층 면적이 좁을수록 수해가 발생할 확률이 높다고 할 수 있다.

또한 유역분지 전체에서 수해 발생에 가장 큰 영향을 미치는 지형 인자는 유역분지 면적으로 나타났으며, 유역분지 내 개발지역에서 수해 발생에 가장 큰 영향을 미치는 지형 인자는 개발지역의 면적으로 나타났다.

6. 결론

본 연구 결과, 개발된 유역분지는 개발되지 않은 유역분지에 비하여 수해가 발생할 확률이 더 높은 것으로 나타났다. 유역분지 전체와 유역분지 내 개발지역 각각의 수해 발생에 기여하는 지형 인자들은 다른 것으로 나타났다. 유역분지 전체의 경우 유역분지 면적, 개발지역 면적, 삼림 면적, 고화되지 않은 지층의 면적, 남향 면적 비율 인자들이 영향을 미치는 것으로 드러났다. 유역분지 내 개발지역의 경우 개발지역 면적, 고화되지 않은 지층의 면적, 밭 면적 인자들이 영향을 미치는 것으로 드러났다. 따라서 잠재적인 홍수피해를 줄이기 위해서는 유역분지 내의 과도한 개발을 지양하고, 특히 유역분지의 개발지역의 면적과 관련한 지형인자들을 고려하는 것이 그 방법의 하나로 사료된다.

본 연구가 갖는 한계를 극복하기 위하여 추후 연구 보완되어야 할 과제는 다음과 같다. 첫째, 회귀분석에서 더욱 높은 설명력을 얻기 위해서는 되도록 연구지역에 수해가 발생했던 시기와 가까운 날짜에 촬영된 위성영상을 이용하여야 할 것으로 사료된다. 둘째, 기후 인자 등의 더욱 다양한 지형 인자들을 사용하여 광범위한 재해의 종류에 대하여 분석이 이루어질 필요가 있다고 사료된다. 셋째, 지형 인자들의 수해 발생에 대한 기여도를 일반화하기 위해서는 좀 더 넓은 유역분지 대상으로 한 연구가 수반되어야 할 것으로 보인다.

7. 참고문헌

1. 경기도 농업정책과. 2000. 『용인시 녹지면적 보고서』.
2. 국립방재연구소. 1998. 『위성영상을 이용한 미계측 특정지역의 하천재해 분석을 위한 기초연구』. 도서출판 두술.
3. 국토개발원. 1991. 『도시하천의 치수대책 및 관리방안 연구』.
4. 김홍규. 1997. 『사회과학통계분석』. 나남출판.
5. 박병욱, 김 철. 1997. 원격탐사 자료를 이용한 자연재해분석에 관한 연구. 『한국측지학회지』. 15(2): 237-244.
6. 박상희. 1998. 『탄천유역 개발에 따른 수문특성 변화 연구』. 이화여자대학교 석사학위논문.
7. 박성미. 1997. 『원격탐사 및 GIS 기법을 이용한 지표환경 분석 연구 : 하남지역의 응용사례』. 서울대학교 석사학위논문.
8. 성호현. 1996. 수도권지역 개발에 따른 자연재해 특징분석 : 안양천 유역분지에서 잠재적 수해 특징 분석. 『한국GIS학회지』. 4(1): 21-42.
9. 양인태, 최영재. 1999. GIS의 그리드 분석 기법에 의한 수문 지형인자 추출. 『한국측량학회지』. 17(4): 349-357.
10. 엄재용, 최성길. 1997. 하계망과 지질·지형과의 상관도. 『한국지형학회지』. 4(1·2): 35-49.
11. 용인시. 2000. 『용인서북부지역 도시화에 따른 대책』.
12. 용인시, 용인시재해대책본부. 2000. 『2000년 수해복구사업 추진 현황』.
13. 용인시재해대책본부. 2000. 『재해상황보고』.
14. 윤혜철. 1999. 『단구지 활용과 방재를 위한 산사태 및 안정화 방안 연구』. 한양대학교 박사학위논문.
15. 이민부, 한주엽. 2000. 분수계의 지형적 개념과 기능. 『대한지리학회지』. 35(4).
16. 이사로. 1992. 『지리정보시스템(GIS)을 이용한 청주지역의 광역적 산사태분석 연구』. 연세대학교 석사학위논문.
17. 이자영. 2000. 『하천유역구분을 위한 DEM 구축기법에 관한 연구: 대전시 건천유역을 사례로』. 이화여자대학교 석사학위논문.
18. 이종학. 1999. 『부산지방 상습침수 지역의 특성과 대책방안에 관한 연구』. 부경대학교 석사학위논문.
19. 장정걸. 1998. 『친환경적 도시하천 개발계획에 관하여 : 대구광역시 동하천 유역을 사례로』. 경북대학교 석사학위논문.
20. 환경정의시민연대. 2000. 『용인시 서북부지역 수해피해에 대한 조사 보고서』.
21. 환경정의시민연대. 2000. 『준농림지 농지보존 캠페인 정책연구 및 현장조사 보고서』.
22. Bryant, Robert G. and Gilvear, David J. 1999. "Quantifying geomorphic and riparian land cover changes either side of a large flood event using airborne remote sensing: River Tay, Scotland" *Geomorphology*, 29(1999): 307-321.
23. watersheds using WEPP with GIS and digital elevation models" *Journal of Soil and Water Conservation*, 4: 678-685.
24. Gregory, K. J. and Walling, D. E. 1973. *Drainage Basin Form and Process : A*

- geomorphological approach*. John Wiley & Sons.
25. Horton, R. E. 1945. "Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology" *Geol. Soc.*, 56: 275-370.
 26. Lillesand, Thomas M. and Kiefer, Ralph W. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons.
 27. McClintock, Keith A. and Harbor, Jonathan M. 1995. *Assessing the Hydrological Impact of Land Use Change in Wetland Watersheds: A Case Study from Northern Ohio, USA*. Edited by McGregor, Duncan F. M. and Thompson, Donald A. *Geomorphology and Land Management in a Changing Environment*. 107-119. John Wiley & Sons.