

## 수도권지역 개발에 따른 자연재해 특징분석 : 안양천 유역분지에서 잠재적 수해 특징 분석\*

성 효 현\*\*

### The Characteristics of Natural Hazard due to the Impact of Urbanization in Seoul Metropolitan Area : A potential flood hazard study of Anyang—Cheon Watershed.

Hyo—Hyun Sung

#### 요 약

본 연구의 목적은 안양천 유역분지를 중심으로 도시화가 본격적으로 이루어지기 이전의 하도를 복원하여 하도의 변화를 파악하고 안양천 유역분지내에서 1957년과 1991년 사이의 토지이용패턴의 변화를 살펴려한다. 또한 안양천유역의 상류부근에서 1989년이래 대규모 택지개발로 시가지역이 확대되면서 토지이용 변화에 따른 수문 현상을 파악하여 홍수와 같은 자연재해의 변화양상을 파악하려고 한다.

안양천 유역 분지에서 1957년과 1991년 사이에 하천은 대부분 직선화 되고 지류의 소하천이 복개가 되어 하천의 총길이가 87km가 감소되었다. 특히 토지이용 변화에서 가장 획기적인 변화는 유역분지내에서 10%의 농경지와 20%의 임야가 감소되고, 시가지역이 약 30% 확대되었다는 점이다. 특히 수해와 같은 자연재해가 일어나기 쉬운 안양천 하천 버퍼내의 토지이용현황을 보면 1957년에는 하천 버퍼지대가 주로 임야(42.53%)와 농경지(43.08%)로 이용되고, 오로지 14.39%만이 시가지역으로 이용되고 있었다. 그러나 1991년의 하천 버퍼 지대에서는 집중적으로 개발되어 42.76%가 시가지화 되었고, 약 30% 가량이 농경지로 이용되고 있어 홍수시에 수해의 피해 규모가 증대될 가능성이 크다.

강우량의 규모와 분포패턴에 따라 다르겠지만 안양천 상류지역에서 평촌지구 및 산본지구의 택지개발을 전·후하여 대체로 개발전과 개발후가 개발이 진행되고 있는 시기 보다 강우량에 대한 수위의 변화량이 적은 편이다. 이는 개발전에 평촌 및 산본 택지 개발지구가 대부분 논이나 임야로 되어 있었던 지역이기 때문에 논이나 녹지에 의해 유량이 저류되었다가 서서히 하도로 흘러들어 가서 수위의 변화량도 완화되고 최고 수위가 나타나는 시간도 지연되기 때문이다. 개발 후는 하수관저등의 배수시설이 완비됨으로서 우량이 조절되어 수위의 변화량이 완화된다고 볼 수 있다. 반면에 개발전에 비해 개발후는 비가 온 후 즉각적으로 최고 수위에 달하게 되어 홍수도달시간이 매우 단축됨을 알 수 있다. 이지역에서 1989년에서 1993년 까지 시가지역이 약 7.04km<sup>2</sup>나 증가하고 전체 면적에 대해 5.5%증가함에 따라 불투수층의 증가로 홍수도달시간은 약 4시간 정도

\* 이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음

\*\* 이화여자대학교 사회생활학과 교수(Department of Social Studies, Ewha Womans University, 11-1 Daehyun-dong, Seodamun-gu, Seoul, Korea (120-750))

단축되었다.

개발이 진행되고 있는 시점에서는 도시 배수시설이나 녹지 및 논과 같이 물을 일시적으로 저장하여 조절하는 것이 없기 때문에 우량에 대한 수위의 변화가 극단적으로 크게 나타나며 또한 홍수도달시간도 매우 단축되어 나타난다. 이는 개발 도중에 홍수해나 산사태와 같은 재해가 일어날 확률이 높아지며, 개발후에도 홍수도달시간이 매우 단축되므로 하천가의 개발등은 재해의 규모를 증대시킬 확률이 있다고 생각 된다. 따라서 수해 피해를 줄이고 하천의 친수기능을 살리기 위해 유역분지 내에서 종합적인 치수대책 수립과 개발지역에서 재해영향 평가 제도의 도입이 요구된다.

**ABSTRACT :** The Anyang-cheon is one of the Han River tributaries in Seoul Metropolitan area. It is 35.1km long, has a basin area of 287km<sup>2</sup> and touches seven cities of Kyounggi Province and part of Seoul.

The purpose of this study were 1) to reconstruct the ancient stream network and to investigate the change of landuse in Anyang-cheon watershed between 1957 and 1991, 2) to measure the change of the hydrologic characteristics with urbanization, 3) to suggest the institutional solutions to reduce natural hazard as the area has urbanized.

The main results are as follows :

1. Anyang-cheon river basin has experienced the rapid urbanization and industrialization since 1957. Anyang-cheon stream network was oversimplified in the watershed. The total stream length decreased as tributaries in the upper part of river basin have eliminated or buried underground in pipes.
2. Urbanization impacted to all of the area of Anyang-cheon watershed. Urbanization in Anyang-cheon watershed corresponds to the large portion of flat area, especially flood-prone zone of river side, and the small portion of Greenbelt to constrain urban expansion in cities.
3. The urbanization of Anyang-cheon watershed produces fundamental changes in watershed hydrology. As infiltration is reduced by the creation of extensive pavement, concrete surface, and sewer pipe, runoff moves more quickly from upland to stream. As a result, runoff from the watershed is flashier, increasing flood hazard.

As urban area continue to grow we will need to better utilize stream by protecting and enhancing stream systems.

## 서론

### 연구 목적과 연구 방법

도시화가 점차 진행되는 단계에서는 도시 고유의 재해가 나타날 수 있다. 이는 도시화가 급속히 진행되어 개발을 유도하는 과정에서 무분별한 삼림의 벌채나 농경지의 개발, 고층 건물의 건축 등으로 인해 야기될 수 있는 재해에 대한 대책이 미처 마련되지 못한 경우나, 현상에 대한 이해가 충분하지 않

거나 경험하지 못하여 재해를 예측할 수 없는 경우에 자연재해가 발생할 수 있다.

도시화에 따른 자연재해의 유형에는 첫째 수해를 들 수 있다. 도시화가 진전되면서 지표가 시멘트로 포장되어 지하침투가 감소되고 지표유출이 증대됨에 따라 유속 및 유량은 증가한다. 이외에도 도시 하천유역에서 저습지를 거주화함에 따라 홍수범람의 피해나 상습적인 내수재해를 입게 된다. 둘째, 사면재해로서, 구릉지 개발지역에서 지형개조나 물처리가 직결치 못한 곳에 인구가 집중됨으로써 사

면붕괴를 초래할 수 있다. 세제, 가뭄피해로서, 지표의 시멘트 포장으로 침투율의 저하로 갈수기에 지하수 함량이 감소되어 우물이 고갈되는 등 지하수 의존율이 높은 곳에서는 물부족 문제가 발생할 수도 있다. 네제, 지반침하로서, 충적지를 도시화하거나 공업용지화 할 경우 과도한 지하수의 이용으로 지반이 침하되는 재해가 발생할 수 있고, 소택지나 논농사지역 등 지반이 연약한 지대가 도시화된 경우에는 가옥이 기울어지거나, 벽에 균열을 초래하는 지반침하 현상이 발생할 수 있다. 다섯째, 지하수면 상승에 따른 재해로, 도시 건물의 기초부나 지하실 등이 장기간 침수됨에 따라 철근 구조물과 콘크리트 등 건물 기저부가 침식되고, 심한 경우 건물이 파괴되는 재해를 입는 경우가 있다(김주환, 권동희, 1992).

안양천 유역분지는 기존 시가지와의 연계 개발과 수도권 주택난 해소 및 쾌적한 도시환경의 조성을 목적으로 안양천의 상류에서 하류 유역까지 토지이용변화가 급격히 이루어지고 있는 지역이다. 안양천 유역의 하류는 서울특별시에 속하며 오래전부터 밀도있게 개발되어 왔고, 중상류 유역은 경기도 여러 도시들의 발달로 개발이 급속도로 이루어지고 있다. 더군다나 최근에는 산본지구 및 평촌지구 개발 등이 활발하게 이루어지고 있는 이 지역은 우리나라에서 홍수피해가 매우 잦은 지역중의 하나이다.

수도권 지역에서 일산, 중동, 분당, 평촌, 산본의 5개 신도시가 개발됨에 따라 토지이용이 급격히 변화되고 또한 수문환경도 변화하여 자연재해로 인한 피해가 급증하고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 첫째, 안양천 유역분지를 중심으로 도시화가 본격적으로 이루어지기 이전의 하도를 복원하여 하도의 변화를 파악하려 한다. 둘째, 1957년과 1991년 사이의 토지이용의 변화를 파악하여 도시개발에 따라 지표면에서 불투수층의 확장과 함께 수해 피해 가능성 지역인 하천 범람원 지역, 급경사 지역에서의 개발 현황을 살피려 한다. 마지막으로 개발이 진전

되면서 환경영향평가기 재해에 대한 평가항목이 결여되어 개발이 자연재해에 의한 피해를 가중시키는 결과를 초래하게 될 수도 있다. 따라서 안양천유역의 상류부근에서 1989년이래 집중적 택지개발로 시가지역이 확대되면서 토지이용변화에 따른 수문 현상을 파악하여 홍수와 같은 자연재해의 변화양상을 파악하려고 한다.

본 연구의 기대효과 및 활용방안으로는 수도권 지역의 5개 신도시 개발에 따른 미래의 환경변화 예측 및 대안을 제시할 수 있다고 생각되며, 현재 택지개발사업 기본계획 및 기본설계에서 자연재해 평가가 제외되어 있기 때문에 본 연구의 결과는 타 지역 개발에 따른 환경영향평가의 기준을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구를 위해 사용한 연구방법은 첫째, 우리나라에서 근대적 개발이 이루어지기 전이고 지형과 토지이용상황을 파악할 수 있는 1957년도 지형도와 최근 1991년도의 지형도를 분석하여 하도 변화와 안양천 유역의 임야, 논, 밭, 시가지역 등의 토지이용 변화를 관찰하였다. 특히 지도, 내무부 재해기록, 국지적 기상자료, 수문자료 등을 이용하여 군포시, 의왕시가 시로 승격하고 산본지구 및 평촌지구 개발이 진행되는 시점인 1989년을 중심으로 토지이용의 변화와 수위변화를 개발전, 개발이 진행되는 도중, 개발후의 수위변화를 우량의 분포와 관련시켜 분석하였다. 유역분지내의 토지이용 변화를 Intergraph사의 MGE와 ESRI사의 ARC/INFO를 이용해 지도화하여, 개발전과 개발후에 안양천 유역 분지내에서 사면 경사, 하천과의 거리, 고도 등 자연조건과 토지이용분포패턴의 변화를 분석하고 한강 홍수통제소에서 안양천 충훈교 지점에서 측정된 시간별 우량과 수위 데이터를 이용하여 강우량과 홍수위의 변화를 토지이용 패턴의 변화와 관련시켜 고찰하였다.

#### 연구지역

한강의 지류인 안양천은 전형적인 한국의 도시하

천으로 유로 연장이 35.1km이고 른류와 상류로 부터 8개의 지류인 오전천, 당전천, 산본천, 학의천, 수암천, 삼성천, 목감천, 도림천등으로 구성되어 있다. 유역의 평균 경사는 13.6%이고, 하상구배는 1/500 정도이다. 안양천은 상류로 부터 경기도 7개시, 즉 의왕시, 군포시, 과천시, 시흥시, 안양시, 부천시, 광명시와 서울특별시 7개구 즉 관악구, 동작구, 영등포구, 구로구, 강서구, 양천구, 금천구의 행정구역을 관류하고 있다. 최근 안양천 주변 도시들의 급격한 발전과 더불어 공동주택의 증가와 산업체가 두드러지게 증가하고 있는 상황이다.

백운산을 정점으로 북서쪽으로 흐르는 안양천은 그 동쪽에 관악산과 삼성산이 있고, 서남쪽에는 낮은 봉우리 들이 분포하고 있다. 유역의 대부분은 호상편마암이며, 그외에 화강암류, 충적층등으로 구성되어 있고 하천을 따라 충적층이 넓게 분포하고 있다. 충적층은 농경지, 주택지, 공업단지 등으로 이용되고 있으며 그 구성물질은 점토, 모래, 자갈로 구성된 하성층이다.

안양천유역의 강수량 분포는 우리나라 연평균 강수량이 1,274mm인 것에 비해 과거 12년 동안 (서울 측후소 및 수원 측후소, 1981-1992) 안양천 유역의 연평균 강수량이 1,311.6mm로 비교적 풍부한 것으로 나타났으며, 조사기간 중 최다 강수량은 1990년의 2,173.2mm이고 최소는 1988년의 805.3mm로 나타났다. 월평균 강수량 분포는 7월이 344.4mm로 최대를 기록하고 2월의 23.8mm가 최소를 기록하였다. 대체로 6월 부터 9월까지의 강수량이 913mm로 연 강수량의 70%를 차지하는 반면에 10월 부터 2월까지의 강수량은 195mm로 연강수량의 15%밖에 차지하지 않는 것으로 나타났다. 이와같은 강수량의 계절적 편차가 안양천의 수해 뿐아니라 갈수기때 건천화로 하천수질을 악화시키고 있다(서울 시정개발연구원, 1993).



Fig. 1 Main tributaries of Anyang-cheon Watershed and administration Boundary

### 지역개발과 재해 발생 추이

우리나라에서 발생하는 자연재해 중 가장 많은 피해를 주는 재해는 태풍에 의한 풍해와 집중호우, 해일 등으로 인해 발생하는 수해이다. 최근 10년간의 풍수해, 교통사고, 화재로 인한 인명 및 재산피해를 비교해 보면 평균적으로 인명피해에 있어서는 교통사고가 월등하게 많고, 풍수해는 화재와 비슷한 수치를 가지고 있지만 재산피해 부분에서는 풍수해로 인한 피해가 교통사고보다 2.44배, 화재보다 무려 12.75배 가량 된다. 우리나라는 자연적, 사회경제적 여건이 홍수피해의 위험성을 점점 증대시키고 있다.

우리나라는 기상학적으로는 일년에 내리는 총강수량의 2/3가 6-9월의 여름철에 집중하고 있고, 최근들어 환경오염에 의한 대기의 온난화현상은 구름의 이동을 변동시켜 국지성 폭우를 일으키는 경우가 잦아지고 있다(한국지방행정연구원, 1995). 지형학적으로는 전 국토의 70% 이상이 산지로 구성

## 수도권지역 개발에 따른 자연재해 특징분석 : 안양천 유역분지에서 잠재적 수해 특징 분석

되어 있고 하천은 대부분 유로연장이 짧고 하상경사가 급해 재해에 대한 잠재적인 위험을 가지고 있는 불안정한 지역이 많다. 특히 우리나라 하천은 하천토사의 생산량이 높아 하천의 통수능력을 저하시키면서 급격한 유출을 초래하여 하천주위의 홍수피해를 자주 발생시킨다.

최근 자연현상에 의한 홍수재해의 취약성을 더욱 심화시키는 인위적인 상황이 가중되고 있는데, 이 중 가장 큰 영향을 미치는 것이 대규모 개발사업이다. 이러한 개발사업은 자연상태의 녹지를 건물, 주택과 같은 불투수성 면적으로 변화시키며, 하천의 단면을 축소시키기 때문에 과거와 같은 양의 강우량이 발생하여도 유출량과 홍수의 속도를 증가시키고 최대 홍수량을 증대시켜 과거 보다 더 큰 유량의 유입을 발생시키게 된다. 이러한 현상은 홍수피해를 더욱 가중시키게 된다.

도시화로 인해 홍수해를 유발시키는 또 다른 요인은 지표면이 평탄하게 되고 도로 및 주차시설 등의 포장으로 유수의 저장계수인 표면조도가 감소되는 것이다. 이로 인해 도시화 이전 보다 유출량과 첨두유량이 증가하고 홍수도달 시간이 단축된다. 이외에도 인구증가에 따라 도시화로 생활용수나 공업용수의 사용이 급증하게 되고 따라서 도시주변의 하천수와 지하수만으로는 부족하여 먼 곳에서 물을 공급하게 된다. 그러므로 도시지역은 해당 유역 분지 내에 내린 강수에 추가하여 외부에서 끌어드린 용수와 함께 처리되므로 자연유역에 비해 유출량이 증가한다. 또한 도시화, 산업화의 공간적 확대로 도시외곽과 하천연변의 저지대까지 택지, 도로 및 공단 등과 같은 토지이용의 변화가 급증하게 됨에 따라 수해에 의한 피해 규모가 기하급수적으로 증가하고 있다(내무부, 1995).

이러한 지역개발에 따라 물순환 시스템이 변화되고 홍수에 대한 치수 안전도가 저하되어 수해가 빈발할 우려가 있는 지역이 증가하게 되었다. 따라서 피해규모와 피해내용을 연대별로 살펴보면 해가 갈수록 재해 예방 대책이 강화됨에도 불구하고 피해

규모가 증대되면서 피해내용도 농작물 및 농경지의 피해로 부터 공공시설의 피해가 증대되어 가고 있음을 알 수 있다. 1960년대는 재해피해 중 농작물 및 농경지 피해가 압도적으로 큰 비중을 차지하였다. 이는 정부재정의 빈약성으로 공공시설이 상대적으로 적었기 때문이다. 1960년대와는 달리 1970년대는 농경지 및 농작물 피해가 약 23% 정도로 소폭 증가한 반면 공공시설 피해는 95%로 대폭 증가하였다. 1980년대는 풍수해로 극심한 피해가 기록된 해가 많았다. 1916년이래 피해액 우선 순위로 보면 80년대에 5개년도(1980, 1984, 1986, 1987, 1989)가 상위 10위권내에 포함될 정도로 풍수해로 피해를 크게 입었다. 1994년도 기준 환산가격으로 1960년대 연간 평균피해액은 약 7백 70억원이고, 1970년대는 연간 1천 2백 60억원으로 증가하였다. 1980년대는 연간 평균 3천 3백 9십 5억원으로 최고를 기록하였다. 특히 1987년도에는 7월 15-17일의 태풍 셀마로부터 8월 30-31일 태풍 다이너에 이르기까지 7-8월 두 달 동안 두 차례의 태풍과 여덟 차례의 호우, 모두 열 차례의 풍수해가 발생하였는데, 거의 전국에 걸쳐 인명피해 1,022명, 재산 총피해액은 12,814억원에 달하였다. 1990년대는 1994년까지 연간 평균 피해액은 3천 3십 6억원으로 재해 예방 대책의 영향으로 피해가 다소 감소되었다. 공공시설의 피해에 있어서는 1960년대 이전까지는 30% 미만 수준에서 1970, 1980, 1990년대에 와서는 각각 68.4%, 45%, 58.5%로 구성비가 높아져 종별 피해양상이 달라졌음을 보여주고 있다(내무부, 1995).

개발활동이 추진될 때 사업지구 및 주변지역의 환경에 여러 가지 변화가 있을 것으로 예상되어 지형 및 지질, 생태계, 토지이용 변화, 대기질, 수질, 폐기물, 소음에 대한 항목에 대해 환경영향 평가를 실시하고 이러한 평가를 기초로 여러 합리적인 대안이 마련된다. 그러나 개발행위로 부터 초래되는 자연재해에 대한 영향을 평가하지 않고 개발이 이루어져 의도하지 않은 문제를 발생시키기도 한다. 개발행위가 자연상태의 투수성 토양을 불투수성 지

표면으로 변경시킴에 따라 침투유출량이 증가하고 홍수도달시간이 크게 단축되어 재해 잠재력은 증가할 수 있다. 특히 홍수에 대비하기 위해 설치한 시설물들은 일정한 기준에 의해 축소되었으며 기준을 초과할 경우 재해에 무방비 상태가 되므로 그 피해는 기하급수적으로 증대될 수밖에 없다. 특히 지방자치제도가 정착되어 발생하는 각 자치단체의 개발행위는 해당 유역뿐 아니라 수계 전반에 걸친 치수 안전도에 영향을 미친다. 이는 지방자치단체간의 분쟁과 피해규모의 확대에 따라 국가적인 손실을 초래할 우려가 있다.

따라서 개발행위에 대한 수해와 같은 자연재해에 대한 평가가 실시되어야 한다. 특히 홍수피해가 일어날 확률이 높은 하안가에도 인구 분포와 아울러 집중적으로 개발이 이루어지고 있어 피해 규모가 증대할 확률이 더욱 높게 나타나고 있다. 이러한 상황을 고려해 볼 때 개발지역에서 개발행위에 따른 유출 변화량의 예측, 유출증가량에 대한 시설 설치 기준, 유출 및 홍수유발 부담금 등의 내용을 포함하는 재해영향평가제도의 도입이 요구된다.

본 연구에서는 안양천 유역분지 전체에서 1957년 이래 하도의 변화와 토지이용의 변화를 살핍으로 잠재적 수해에 대한 가능성을 파악할 수 있다고 생각된다.

## 하도의 변화와 유역 분지내의 토지이용 변화

### 하도의 변화

하천 유역의 특성인 유역면적, 하천길이, 유역고도, 유역경사, 및 하상경사는 하천의 유출량 등에 의한 유역의 계획 수문량, 토사의 침식, 운송 및 퇴적 등을 파악하는데 중요한 인자가 된다.

안양천은 수도권 지역을 관통하는 한강 지류 중의 하나로서 유로연장이 35.1km이고 유역 면적이 287km<sup>2</sup>나 되며 여러 지류로 구성되어졌다. 안양천 유역의 지류 중 가장 긴 지류인 목감천은 유역면적

이 55.2km<sup>2</sup>, 유로연장은 14.85km이며 형상계수(A/L<sup>2</sup>)는 0.25를 보여주고 있으며 상류에서 가장 큰하천인 학의천은 유역면적이 43.06km<sup>2</sup>, 유로의 연장이 11.10km, 형상계수가 0.35이다. 안양천은 한강합류점에서 안양철교 지점까지의 본류가 하천개수가 모두 완료되어 하폭은 220m정도이고 하상 부터 제방상단면까지의 높이는 10m이다. 특히 건설부 자료에 의하면 안양천은 1986년-1990년에 안양수위표 지점에서 하상계수가 1:60 정도로 나타났다(건설부, 1991).

안양천 유역은 도시화로 호우시 급격한 유출로 침투유출량의 증가와 기저 유출량의 감소로 평시에 건천화 되어가고 있어 안양천의 유황은 더 불안정하게 되었다. Fig.2와 Fig.3에서 살펴보면 1957년과 1991년 사이에 지형적 조건을 고려한 도로망의 확장상태를 볼 수 있다. 이는 1957년과 1991년 사이에 안양천 유역분지내에서 인구증가와 토지이용변화와 함께 매우 집중적인 개발이 이루어지고 있음을 보여준다.

일제의 한강에 대한 정책으로는 교량건설과 함께 한강의 개수사업을 들 수 있다. 한강의 개수계획은 1926~1934년까지 시행계획을 수립하였고 이때 안양천 등 유로가 급격하여 곡류하는 곳은 직류할 수 있도록 유로를 변경하였다. 유역의 범람을 예방하기 위해 일제시대부터 안양천 하류에서 유로가 크게 변경되었다(서울특별시, 1985).

Table. 1 The change of Stream length according to stream order  
단위 : km

	1957년(5차수 하천)	1991년(4차수 하천)
차 수	하천 길이	하천 길이
1	112.09	90.02
2	49.52	32.37
3	34.77	37.94
4	51.14	7.54
5	4.73	
총	254.26	167.87

수도권지역 개발에 따른 자연재해 특징분석 : 안양천 유역분지에서 잠재적 수해 특징 분석

Fig.4와 Fig.5에서 보여주듯이 57년도에 비해 1991년도에는 많은 지류 소하천이 복개되어 지상에서는 하천차수 자체가 변화였으며, 대부분의 하천이 직선화되어 하천의 총길이가 매우 감소되었음을 Table 1 에서 알 수 있다.

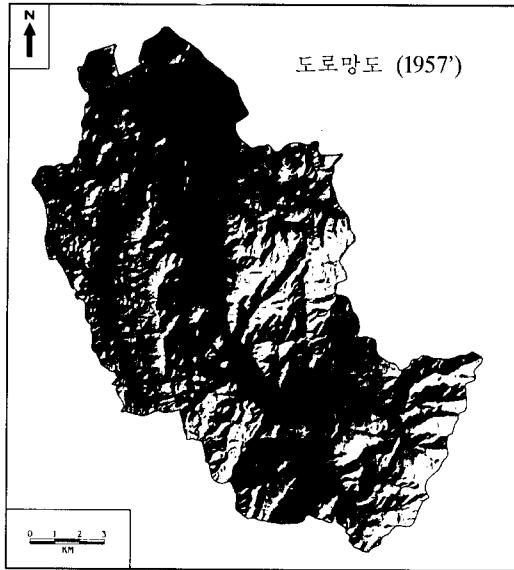


Fig. 2 Road map (1957)

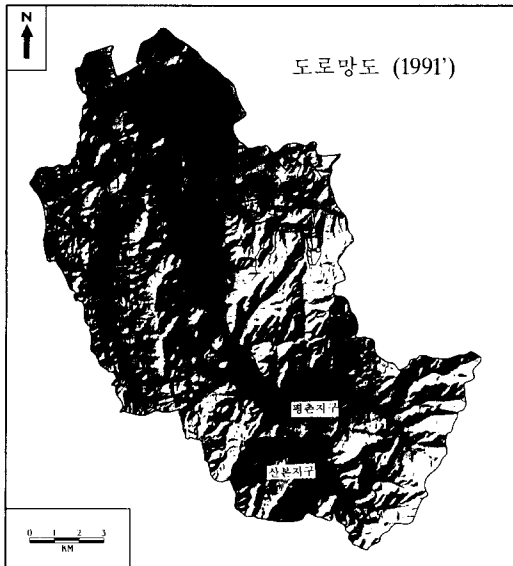


Fig. 3 Road map (1991)

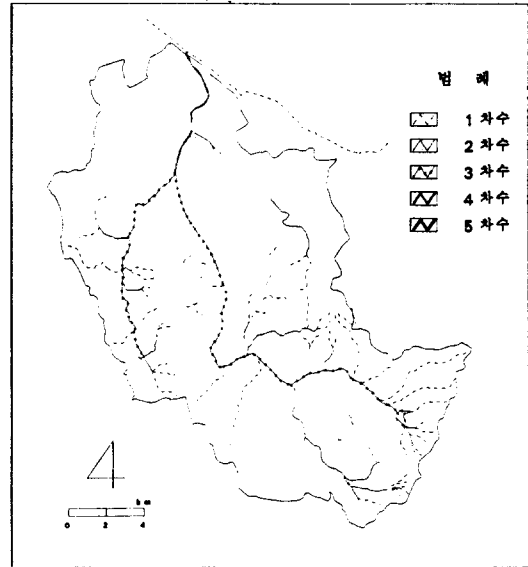


Fig. 4 Drainage Network (1957)

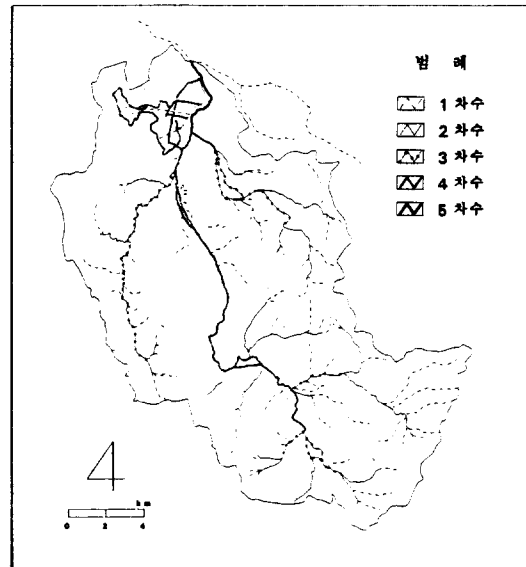


Fig. 5 Drainage Network (1991)

안양천 유역 분지에서 하도 변화를 살펴 보면 개발제한구역은 큰 변화를 초래하지 않았으나, 개발이 허용되는 지역의 경우, 대부분의 지류 소하천은 복개되고 비교적 큰 지류하천이나 본류는 일부 복개 현상과 아울러 하천이 매우 직선화되었음을 알 수

있다. 특히, 1, 2차수 하천의 길이가 현저하게 감소되었으며, 57년에 안양천 하류지역에서는 심한 유로 변경과 곡류현상으로 4차수 하천의 길이가 현저하게 길게 나타났것을 볼 수 있다. 이러한 유로의 복개와 직선화는 생태계 뿐 아니라, 수문현상과 국지적 기후에도 영향을 미치리라 생각된다.

일반적으로 하천이 개수되면 유속이 빠라지고 침투유량이 증가한다. 하천이 여러 행정구역에 걸쳐 흐르고 관리청이 다를 경우 개수된 상류지역 때문에 아직 개수되지 않은 하류지역은 홍수피해가 증대되는 경우가 있다. 이외에 하천이 개수된 지역은 하천 생태계의 파괴 및 침식 유발의 잠재성이 있다. 따라서 하천관리는 수계 단위로 관리해야 한다.

**유역분지 내에서 토지이용 변화**

안양천 유역의 하류 지방에는 1957년도에도 이미 개발이 상당히 진전된 영등포구를 포함하여 서울특별시내의 7개구와 상류지방에는 경기도의 7개시가 분포하고 있어서 1957년 이래 여러 가지 개발행위가 이루어지고 인구가 증가하였다. 안양의 경우 1949년 8월 15일 면에서 읍으로 승격한 다음, 1973년 7월 1일에 시로 승격되었으며, 광명시의 경우 면 또는 군출장소로 있다가 1979년 5월 읍으로, 그리고 1981년 7월 1일에 광명시로 승격되었다. 과천시의 경우에는 1986년 1월 1일에 시로 승격되었으며, 군포시와 의왕시의 경우 1989년 1월 1일 시로 승격하였다(안양지역 경제연구센터, 1989). 이러한 도시화의 공간 확장이 홍수해와 같은 자연재해가 발생하기 쉬운 지역에서 일어나고 있는가를 고찰할 필요가 있다. 따라서 1957년에서 1991년 사이에 안양천 유역분지 전체에서 토지이용패턴의 변화를 살피고 특히 개발제한구역의 분포와 같은 제도적 측면과 유역경사의 특징 및 하천 양안 지역과 같은 지형적 측면에서 토지이용 패턴의 변화를 고찰할 필요가 있다.

개발로 인한 환경변화는 1957년 이래 토지이용의

변화를 추적함으로써 이해할 수 있다. 1957년에는 Table 2에서 보는 바와 같이, 유역내에서 59.1%가 임야로 분포하여 녹지공간이 매우 넓었음을 알 수 있다. 임야에 이어 농경지가 29.2%를 차지하고, 시가지는 11.6%를 차지하고 있어 유역내 일부만이 개발되었음을 알 수 있다. 특히, 개발분포패턴을 보면, 대체로 하류에 위치한 영등포구에 해당하는 지역과 산록사면을 따라 분산적으로 시가지화 되었고, 하천 양안에 위치하는 저평한 지역은 주로 논과 같은 농경지로 이용되고 있었다(Fig.6).

Table. 2 Land use in 1957

	토지이용	면적	비율	
			면적/A	면적/B
그린벨트 내(內)	경 지	29.52km <sup>2</sup>	20.51%	10.32%
	저수지	0.02km <sup>2</sup>	0.01%	0.01%
	시가지	5.62km <sup>2</sup>	3.90%	1.96%
	임 야	108.79km <sup>2</sup>	75.58%	38.04%
	전체(A)	143.95km <sup>2</sup>	100.00%	50.33%
그린벨트 외(外)	경 지	54.16km <sup>2</sup>	38.12%	18.94%
	저수지	0.01km <sup>2</sup>	0.01%	0.00%
	시가지	27.60km <sup>2</sup>	19.43%	9.65%
	임 야	60.30km <sup>2</sup>	42.44%	21.08%
	전체(A)	142.07km <sup>2</sup>	100.00%	49.67%
유역분지	경 지	83.68km <sup>2</sup>	29.26%	
	저수지	0.03km <sup>2</sup>	0.01%	
	시가지	33.22km <sup>2</sup>	11.61%	
	임 야	169.09km <sup>2</sup>	59.12%	
	전체(B)	250.02km <sup>2</sup>	100.00%	

1991년에는 Table 3에서 알 수 있듯이, 안양천 유역분지에서 가장 많이 이루어지고 있는 토지이용 형태는 시가지로서 전체 유역면적의 41%를 차지하고 있어 57년도에 비해 시가지의 면적이 84km<sup>2</sup> 정도 확장되었다. 이는 전체 유역분지의 29.3%가 지난 30여년간 시가지로 개발되었음을 의미한다. 임야



수도권지역 개발에 따른 자연재해 특징분석 : 안양천 유역분지에서 잠재적 수해 특징 분석

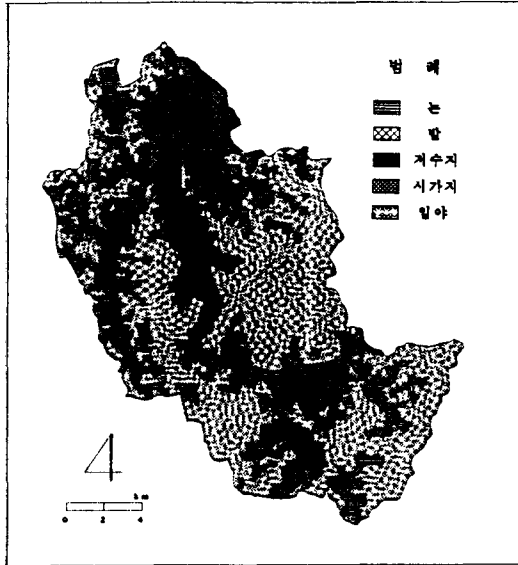


Fig. 6 Land use map (1957)

는 약 39%를 차지하며, 농경지도 19.6% 정도 분포하고 있어 1957년 이래 10%의 농경지 감소현상이 일어났음을 알 수 있다. 토지이용의 공간적 분포패턴을 보면, 대부분의 저평한 지역이 시가지로 개발되어 안양천 하류의 서울특별시와 안양시 대부분 지역에 분포하고 있다. 농경지는 개발제한구역 내에 있는 목감천양안의 저평한 지역과 관악산과 청계산 사이의 꼭져평야에 분포하고 있다. 특히 안양시의 평촌지구는 1992년 인쇄된 지도에는 논으로 이용되고 있으며, 택지개발예정지로 나오나, 1995년 5월에 인쇄된 지도에는 시가지역으로 표시되었다. 임야는 개발제한구역과 관악산, 청계산, 수리산을 중심으로 경사가 급하고 고도가 높은 지역에 분포하고 있다(Fig.7).

Table. 3 Land use in 1991

	토지이용	면적	비율	
			면적/A	면적/B
그린벨트 내(內)	경지	44.07km <sup>2</sup>	30.62%	15.38%
	저수지	0.51km <sup>2</sup>	0.35%	0.18%
	시가지	3.77km <sup>2</sup>	2.62%	1.32%
	임야	95.60km <sup>2</sup>	66.41%	33.36%
	전체(A)	143.95km <sup>2</sup>	100.00%	50.24%
그린벨트 외(外)	경지	12.25km <sup>2</sup>	8.59%	4.27%
	저수지	0.13km <sup>2</sup>	0.09%	0.05%
	시가지	113.56km <sup>2</sup>	79.65%	39.63%
	임야	16.64km <sup>2</sup>	11.67%	5.81%
	전체(A)	142.58km <sup>2</sup>	100.00%	49.76%
유역분지	경지	56.32km <sup>2</sup>	19.65%	
	저수지	0.64km <sup>2</sup>	0.23%	
	시가지	117.33km <sup>2</sup>	40.95%	
	임야	112.24km <sup>2</sup>	39.17%	
	전체(B)	286.53km <sup>2</sup>	100.00%	

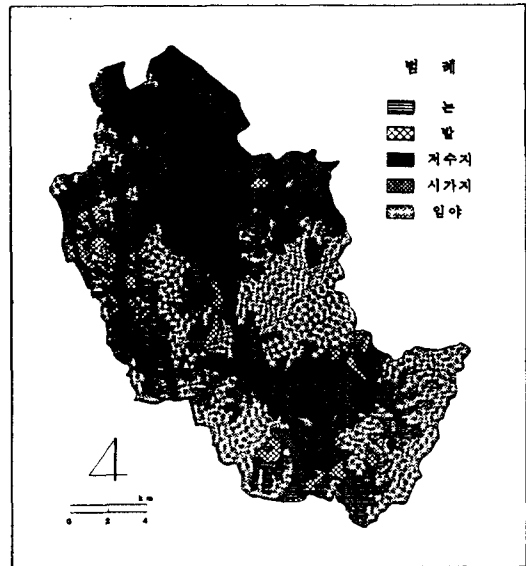


Fig. 7 Land use map (1991)

1957년과 1991년 사이의 토지이용 변화에서 가장 획기적인 변화는 유역분지내에서 10%의 농경지와 20%의 임야가 감소되고, 시가지역이 약 30% 확대되었다는 점이다. 특히, 시가지역은 하천양안의 경사가 완만하고 저평한 지역에서 주로 확대되었다. 급경사와 고도가 높은 지역의 대부분은 개발제한구

역으로 설정되어 1957년과 1991년 사이의 변화는 그리 크지 않으며, 대부분 지역이 임야로 유지되고 있는 편이다. 그러나 개발제한구역 내에서 산록면이나 꼭져에서는 임야가 농경지로 변한 지역이 관찰되며, 그러한 변화는 목감천 유역에서 찾아볼 수 있다(Fig.8).

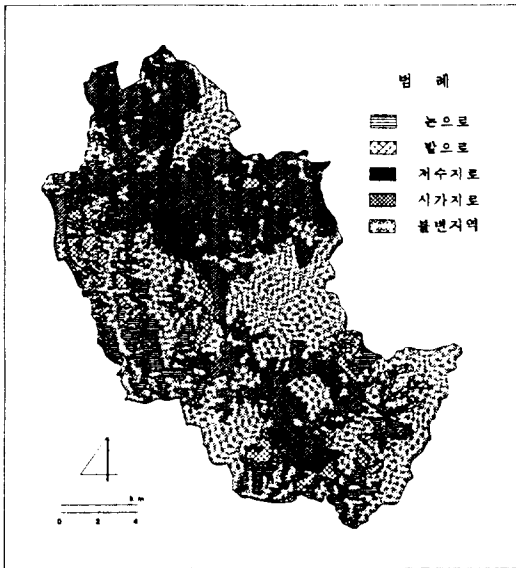


Fig. 8 The change of Land use pattern (1957-1991)

1957년과 1991년 사이의 토지이용의 변화에 영향을 미치는 것은 지형적 조건과 개발제한구역 설정에 기인한 것으로 볼 수 있다. 1971년부터 개발제한구역으로 그린벨트가 설정되었으나, 1971년 이후 설정된 개발제한구역과 개발가능지역에 해당되는 동일한 공간에서 1957년의 토지이용을 비교해 보면, 저평한 지형적 조건 때문에 그린벨트 외부에 해당되는 지역이 그린벨트 내부에 해당되는 지역에 비해 농경지와 시가지의 비율이 각각 17.6%, 15.5% 더 높게 나타난 반면, 임야는 33.1% 정도 더 낮게 나타났다(Fig.9, 10).

1991년에는 그린벨트 외부지역과 내부지역의 토지이용차는 1957년에 비해 더욱 현격하여 1991년 그린벨트 외부지역은 79.7%가 시가지화되었고, 오

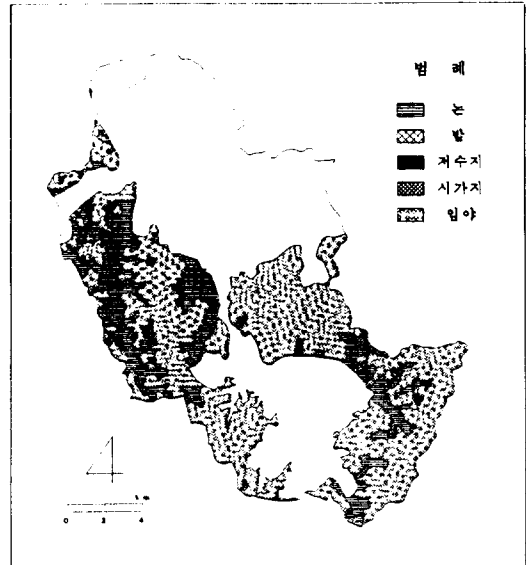


Fig. 9 Land use on of outside of greenbelt area (1957)

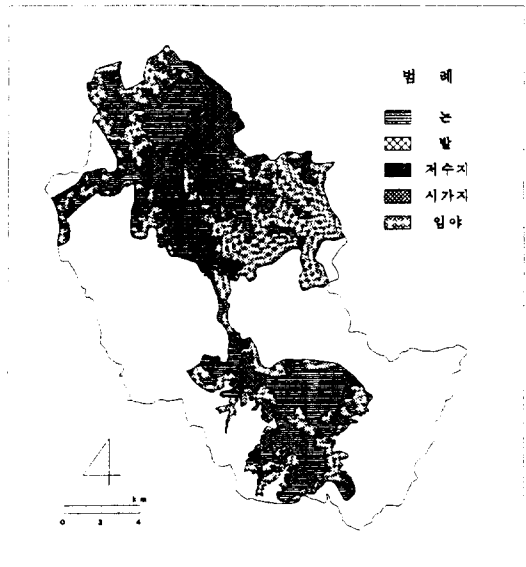


Fig. 10 Land use on of inside of greenbelt area (1957)

로지 8.6%의 농경지와 11.7%의 임야가 분포하고 있다. 그린벨트 외부지역에서 1957년과 1991년 사이의 토지이용 변화를 보면, 시가지지역이 60.2% 확대되고, 농경지와 임야는 각각 29.5%와 30.8% 감소

수도권지역 개발에 따른 자연재해 특징분석 : 안양천 유역분지에서 잠재적 수해 특징 분석

되었다. 그러나 그린벨트 내부지역에서는 66.4%가 임야, 30%가 농경지로 이용되고, 2.6%만이 시가지 화되고 있어 1957년에 비해 큰 변화가 초래되지 않았음을 알 수 있다(Fig.11, 12). 따라서 개발방향이 개발제한구역과 같은 제도적인 면에 의해 큰 영향을 받고 있다.

안양천 유역의 경사분포는 Fig. 13에서 보여 주듯이 3° 미만의 평탄면이 하류 지역에서는 넓게 전개되다가 중류지역에서 좁아지고 다시 학의천과 안양천이 만나는 상류지역에서는 다시 넓게 분포하

는 특징을 보인다. 경사가 급한 지역은 중류지역의 양사면에 나타나는데, 대부분의 지역이 10° 이상의 경사로 나타내고 있어 하류나 상류지역에 비해 개발이 크게 이루어지지 못하고 있다.

경사도에 따른 토지이용 현황 및 변화 추세를 보면, Table 4에서 보여주듯이, 1957년에는 3° 미만의 저평한 곳에서는 대체로 경지(45.3%), 임야(38.8%), 시가지(15.9%) 순으로 이용되었으나, 10° 이상의 급경사 지역에서는 90% 이상이 임야로 이용되었다.

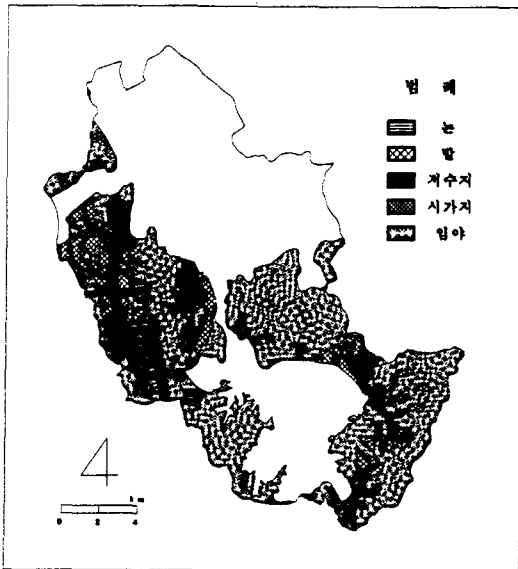


Fig. 11 Land use on of inside of greenbelt area (1991)

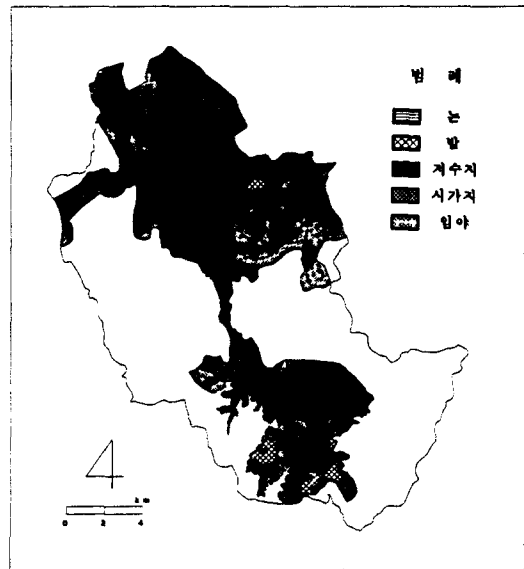


Fig. 12 Land use on of outside of greenbelt area (1991)

Table. 4 Land use pattern based on hillslope gradient (1957)

경사도	경지(비율)	저수지(비율)	시가지(비율)	임야(비율)	총면적(비율)
0° ~ 3°	69.77km <sup>2</sup> (45.27%)	0.03km <sup>2</sup> (0.02%)	24.56km <sup>2</sup> (15.94%)	59.74km <sup>2</sup> (38.77%)	154.10km <sup>2</sup> (100.00%)
3° ~ 5°	3.83km <sup>2</sup> (29.28%)	0.00km <sup>2</sup> (0.00%)	2.60km <sup>2</sup> (19.88%)	6.65km <sup>2</sup> (50.84%)	13.08km <sup>2</sup> (100.00%)
5° ~ 10°	4.80km <sup>2</sup> (19.36%)	0.00km <sup>2</sup> (0.00%)	2.70km <sup>2</sup> (10.89%)	17.29km <sup>2</sup> (69.75%)	24.79km <sup>2</sup> (100.00%)
10° 이상	5.29km <sup>2</sup> (5.62%)	0.00km <sup>2</sup> (0.00%)	3.36km <sup>2</sup> (3.57%)	85.42km <sup>2</sup> (90.81%)	94.07km <sup>2</sup> (100.00%)
전 체	83.69km <sup>2</sup> (29.26%)	0.03km <sup>2</sup> (0.01%)	32.22km <sup>2</sup> (11.61%)	169.10km <sup>2</sup> (59.12%)	286.04km <sup>2</sup> (100.00%)

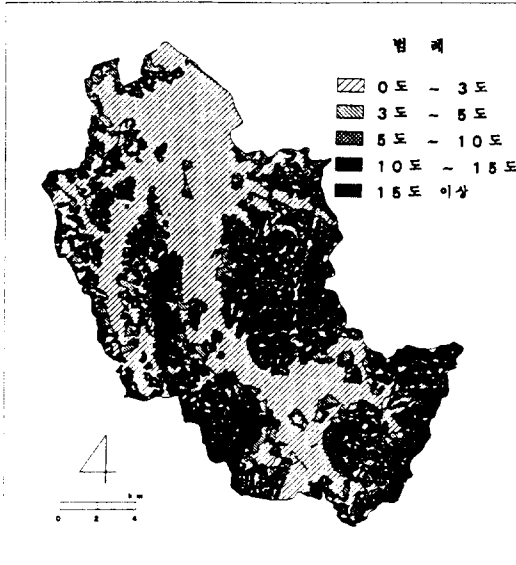


Fig. 13 The Distribution of hillslope gradient on Anyang-cheon Watershed

그러나 Table 5 에서 보여주듯이 1991년도에는 3° 미만 지역에서는 시가지지역이 57.3%, 농경지가 24.2%, 임야가 17.9%로 이용되고 있다. 10° 이상의 급경사 지역에도 지역 면적의 11%가 시가지지역으로 개발되고 81.3%는 임야로 이용되고 있다. 따라서 최근에 그린벨트 내부지역과 10° 이상의 급경사 지역을 제외하면 대부분 시가지화되고 있음을 알 수 있다.

1957년에서 1991년 사이의 토지이용변화의 특징은 해발고도 40m 이내 지역이며, 3° 미만의 저평한 지역이 대부분 시가지화되어 집중적으로 개발되었다는 점이다. 이러한 지역은 안양천의 범람원 지역을 포함하고 있다. 안양천이 학의천과 만나는 지점부터 하구에 이르는 분류에서는 하천양안을 따라 버퍼를 1km로 정하고 이외의 하천에서는 하천양안을 따라 300m로 버퍼를 정하여 하천 버퍼내의 토지 이용현황을 보면 Table 6 과 같다.

Table. 5 Land use pattern based on hillslope gradient (1991)

경사도	경지(비율)	저수지(비율)	시가지(비율)	임야(비율)	총면적(비율)
0° ~ 3°	37.61km <sup>2</sup> (24.32%)	0.63km <sup>2</sup> (0.41%)	88.65km <sup>2</sup> (57.33%)	27.74km <sup>2</sup> (17.94%)	154.63km <sup>2</sup> (100.00%)
3° ~ 5°	5.00km <sup>2</sup> (38.26%)	0.01km <sup>2</sup> (0.07%)	6.99km <sup>2</sup> (53.48%)	1.07km <sup>2</sup> (8.19%)	13.07km <sup>2</sup> (100.00%)
5° ~ 10°	7.08km <sup>2</sup> (28.56%)	0.00km <sup>2</sup> (0.00%)	11.23km <sup>2</sup> (45.30%)	6.48km <sup>2</sup> (26.14%)	24.79km <sup>2</sup> (100.00%)
10° 이상	6.63km <sup>2</sup> (7.05%)	0.00km <sup>2</sup> (0.00%)	10.47km <sup>2</sup> (11.13%)	76.96km <sup>2</sup> (81.82%)	94.06km <sup>2</sup> (100.00%)
전 체	56.32km <sup>2</sup> (19.66%)	0.64km <sup>2</sup> (0.22%)	117.34km <sup>2</sup> (40.95%)	112.25km <sup>2</sup> (39.17%)	285.55km <sup>2</sup> (100.00%)

Table. 6 Land use pattern within Stream Buffer (1957, 1991)

구분 년도	경지(비율)	저수지(비율)	시가지(비율)	임야(비율)	총면적(비율)
1957년	71.44km <sup>2</sup> (48.08%)	0.00km <sup>2</sup> (0.00%)	23.87km <sup>2</sup> (14.39%)	70.52km <sup>2</sup> (42.53%)	165.83km <sup>2</sup> (100.00%)
1991년	29.93km <sup>2</sup> (23.22%)	0.60km <sup>2</sup> (0.46%)	55.12km <sup>2</sup> (42.76%)	43.25km <sup>2</sup> (33.55%)	128.90km <sup>2</sup> (100.00%)

Table 6 에서 보여주듯이, 1957년의 하천 버퍼지대에서는 주로 임야(42.53%)와 농경지(43.08%)로 이용되고, 오로지 14.39%만이 시가지지역으로 이용되

고 있었다. 그러나 1991년의 하천 버퍼지대에서는 집중적으로 개발되어 42.76%가 시가지화되었으며, 약 30% 가량이 농경지로 이용되고 있어 홍수시에

수해의 피해 규모가 기하급수적으로 증대될 가능성이 크다(Fig. 14, 15).

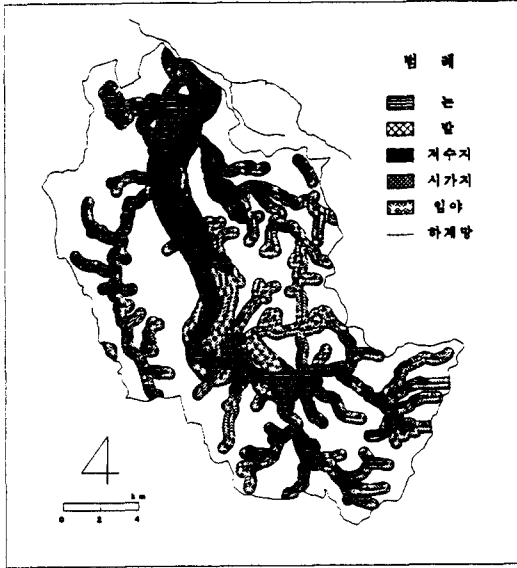


Fig. 14 Land use within stream Buffer (1957)

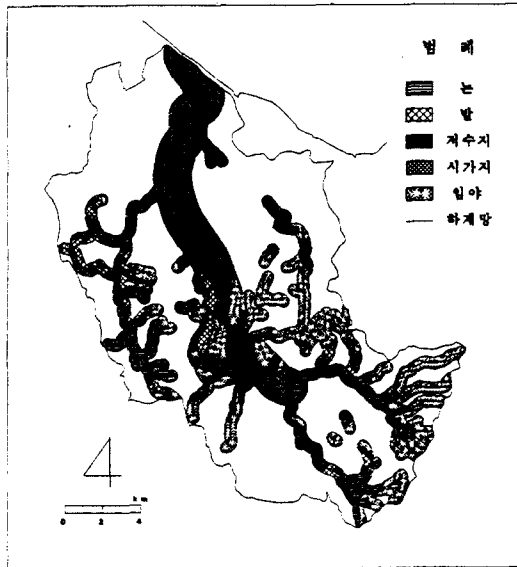


Fig. 15 Land use within stream Buffer (1991)

결론적으로 안양천 유역 분지는 1957년 이래 지속적으로 도시화가 이루어져 유역 분지내 토지이용 변화가 현격하게 일어났다. 특히 토지이용의 변화는 시가지의 확대이며 높은 밀도로 시가지역이 분포하는 공간은 잠재적 수해피해가 크게 일어날 수 있는 하천 양안의 저평한 지대이다. 이러한 기초적 분석하에 실제적으로 안양천 유역분지내에서 1989년 이래 안양천 상류지역인 안양시의 평촌지구와 군포시의 산본지구의 택지개발을 전후하여 개발에 따른 수문현상의 변화를 고찰할 필요가 있다.

### 택지개발과 재해 평가

도시화 현상에 따른 개발행위는 수문학적으로 불투수성 면적의 증가, 홍수도달시간의 단축 및 침투 유량의 증가를 초래하고 있다. 강수사상에 있어 환경변화에 따른 강수강도의 증대는 재해면에서 해마다 피해액을 가중시키고 있다. 이러한 홍수 유발 위험성은 최근 들어, 대규모 택지개발, 공단 및 도로 사업으로 인해 갈수록 심각해지고 있으며, 안양천 유역분지도 이러한 지역에 해당된다. 같은 유역에서도 개발사업의 공간적 위치에 따라 수문곡선은 크게 변화할 수 있다. 이는 상류의 개발행위에 따라 증가된 유출량은 상류로부터 하류에 이르기까지 모든 유역에 영향을 미치지만, 중류지역에서의 개발사업에 의한 추가 유출증가량은 그 이하 하류 지역에만 영향을 미치기 때문이다. 또한 개발사업의 면적은 유출량의 증가에 직접적인 영향을 미치기 때문에 개발사업의 면적 역시 매우 중요한 수문학적 요인이 된다.

정부의 주택 보급을 향상을 위해 1990-1992년에 걸쳐 실시하는 전국 200만호 주택건설 계획 중 안양천 유역에 포함되는 지역은 안양시의 평촌지구(5.12km<sup>3</sup>), 광명시의 하안지구(2.08km<sup>3</sup>), 시흥시의 대야지구(0.37km<sup>3</sup>), 군포시의 산본지구(4.39km<sup>3</sup>) 및 당외지구(0.38km<sup>3</sup>)가 포함되어 있다. 그 중 평촌지구와 산본 및 당외지구의 토지이용 변화는 안양천 수

성효현

위측정지점에서 수문현상에 영향을 미칠 수 있는 배수권역에 속한다. 이 지역에서 대단위 택지개발에 따른 토지이용 변화 내용을 살펴보면, 안양시의 평촌지구는 논 70%, 밭 15%, 기타 15%가 택지로 변경 개발되었으며 이 중 0.7km<sup>2</sup>를 차지하는 약 14%가 공원 및 녹지로 이용되고 나머지는 시가지화로 불투수층화 되었다. 군포시의 산본지구는 논 19%, 밭 24%, 임야 37%, 기타 20%가 택지로 변화되고, 당외지구는 논이 95%, 밭이 5%가 택지로 변화하게 되었다. 택지로 개발되고 있는 지역 중 14.1%가 공원 및 녹지로 이용되고 나머지는 시가지화되었다.

산본·평촌지구는 신도시 개발계획에 따라 1989년까지 계획 단계를 거쳐 1990년에서 1992년에 걸쳐 신도시 건설이 끝났다. 안양천 유역의 수위 및 우량 관측 지점은 동경 126° 54' 20", 북위 37° 24' 10"의 충훈교가 위치한 지점으로 수위표 0점 표고

는 16.543m이고 수위표 최고독수는 5.00m이다. 충훈교지점의 수위측정 지점은 안양천 상류지역으로, 이 지역으로 배수하는 유역의 면적은 122.56km<sup>2</sup>이며 신도시 개발이 활발히 이루어지고 있는 지역이다 (Fig. 1). 이 지역에서 1989년에서 1996년까지의 토지이용변화를 보면, 1989년에서 1992년까지 신도시 건설중으로 큰 변화를 보이지 않고 있다가 1993년에 이르러서는 토지이용에 현격한 변화가 나타나는데 1989년에 27.12km<sup>2</sup>를 차지하였던 시가지지역이 1993년에는 34.16km<sup>2</sup>로 7.04km<sup>2</sup>가 증가하였다. 반면에 논은 2.6km<sup>2</sup>, 밭은 1.84km<sup>2</sup>가 감소되었으며, 임야 또한 2.4km<sup>2</sup>가 감소되었다. 1996년도는 개발계획을 기초로 토지이용의 변화를 유추해 본 결과 앞으로 집중적인 개발이 안양천 유역에서 지속됨을 보여주고 있다(Table 7). 특히 이러한 상류지역에서의 개발행위는 하류지역까지 유역의 유출사상에 미치는 정도가 매우 광범위하다고 할 수 있다.

Table. 7 The Change of land use within the Drainage area of the streams wheel flow into water level gauging station (1989-1996)

연 도	합 계		시 가 지		밭		논		임 야	
	면 적 (%)	비 율 (km <sup>3</sup> )	면 적 (%)	비 율 (km <sup>3</sup> )	면 적 (%)	비 율 (km <sup>3</sup> )	면 적 (%)	비 율 (km <sup>3</sup> )	면 적 (%)	비 율 (km <sup>3</sup> )
1989	122.56	100	27.12	22.13	10.61	8.66	13.83	11.28	71.00	57.93
1990	122.56	100	27.58	22.50	10.56	8.62	13.48	11.00	70.94	57.88
1991	122.56	100	29.40	23.99	9.85	8.04	12.94	10.56	70.37	57.42
1993	122.56	100	34.16	27.87	8.45	6.89	11.27	9.20	68.68	56.04
1996	122.56	100	37.27	30.41	7.37	6.01	10.09	8.23	67.84	55.35

본 연구에서는 도시지역에서 택지개발 등의 행위로 침투유량이 증가하는 정도와 강우량 분포에 기초하여 홍수 도달시간을 파악하기 위해 수위 변화양상을 추정했으며, 매년 최고수위를 기록하는 홍수 사상을 단위로 시간당 강우량과 시간당 수위변화를 1987년부터 1995년까지 연도별로 그래프로 표시하였다.

Fig. 16에서 Fig. 25까지는 1987년에서 1995년에

걸쳐 충훈교 안양천 수위측정지점으로 배수하는 유역분지내에서 홍수사상당 우량그래프와 수문그래프를 나타낸 것이다. 수문그래프 작성시 수위자료를 관계식을 이용하여 유량자료로 환산할 수 있으나 수치모델을 이용하여 환산된 유량데이터를 이용하는 것 보다 직접 측정된 수위자료를 이용하는 것이 처리상 발생할 수 있는 오류를 줄일 수 있다고 생각되어 수위자료를 그대로 사용하였다.

수도권지역 개발에 따른 자연재해 특징분석 : 안양천 유역분지에서 잠재적 수해 특징 분석

본 연구지역에서 1989년에서 1995년 사이에 토지 이용에서 가장 큰 변화를 초래하게 된것은 안양시의 평촌지구와 군포시 산본지구의 택지개발사업이라고 할 수 있다. 이 사업은 1989년까지 계획되고 1993년에 완공단계에 돌입하였기 때문에 1989년 까지를 택지 개발전, 1990-1992를 택지개발 중, 1993년 이후를 택지개발 후로 정하고 강우량 분포에 개발전, 개발 도중, 개발 후의 수위 변화패턴을 고찰함으로써 재해평가를 시도하였다.

택지개발전인 1987년에서 1989년 사이에 연도별 최대 홍수사상에 대해 우량분포패턴과 수위변화 패턴을 조사해 보면 이시기에 평균적으로 비가 오기

시작한 후 약 15시간이 경과한 후에 최고수위가 기록되며, 최대강우시기에서 최고수위가 나타날때까지 평균적으로 5시간이 경과한 후에 나타났다. 특히 강우패턴에도 수위의 변화가 민감하게 나타나지 않았으며, 강우량에 대한 수위의 변화량도 크지 않았다(Fig. 16, 17, 18, 19).

택지개발이 진행 중인 1990년에서 1992년까지의 연도별 최대 홍수사상에 대해 우량분포패턴과 수위변화 패턴을 조사해 보면 이시기에 평균적으로 비가 오기 시작한 후 12시간이 경과한 후에 최고수위가 나타났으며, 최대강우와 최고 수위가 기록되는 시간 차는 평균 약 2시간으로 홍수도달 시간이 매

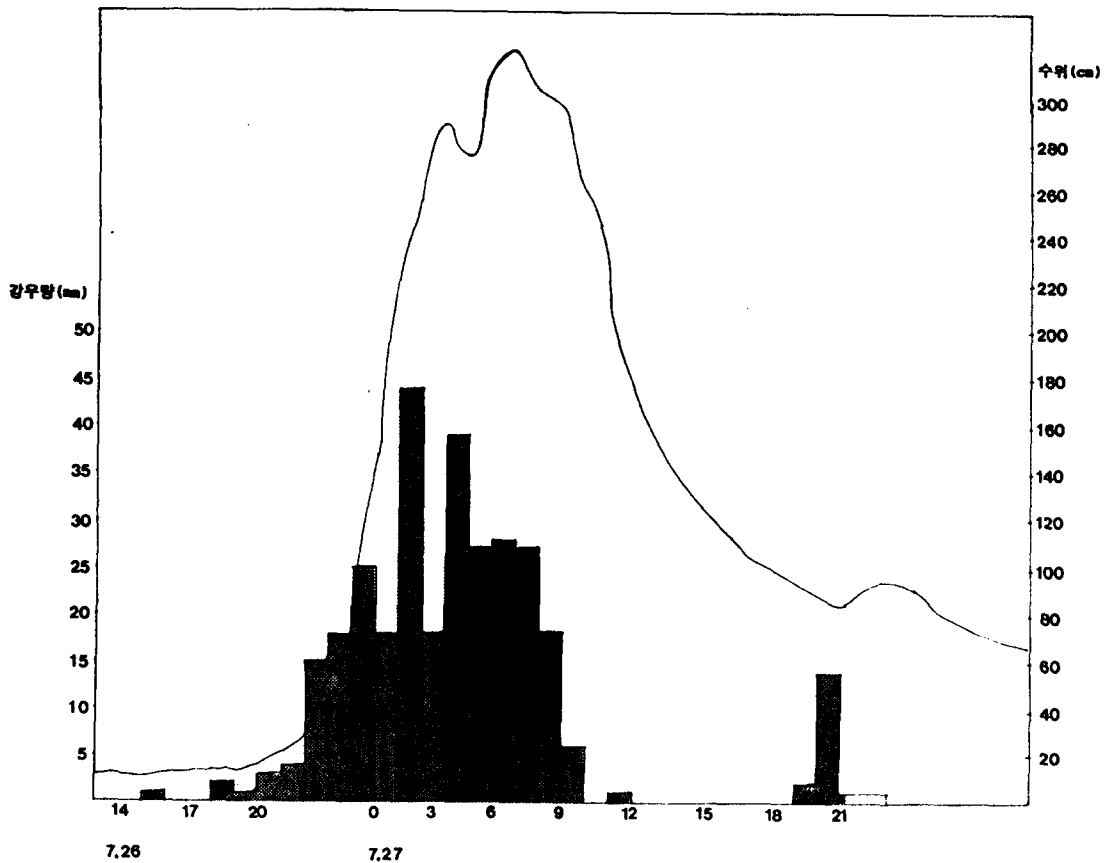


Fig. 16 Hyetograph and hydrograph for a storm on Anyang-cheon at Chung-Hoon Bridge (1987.7.26. 14:00-7.27. 24:00)

성호천

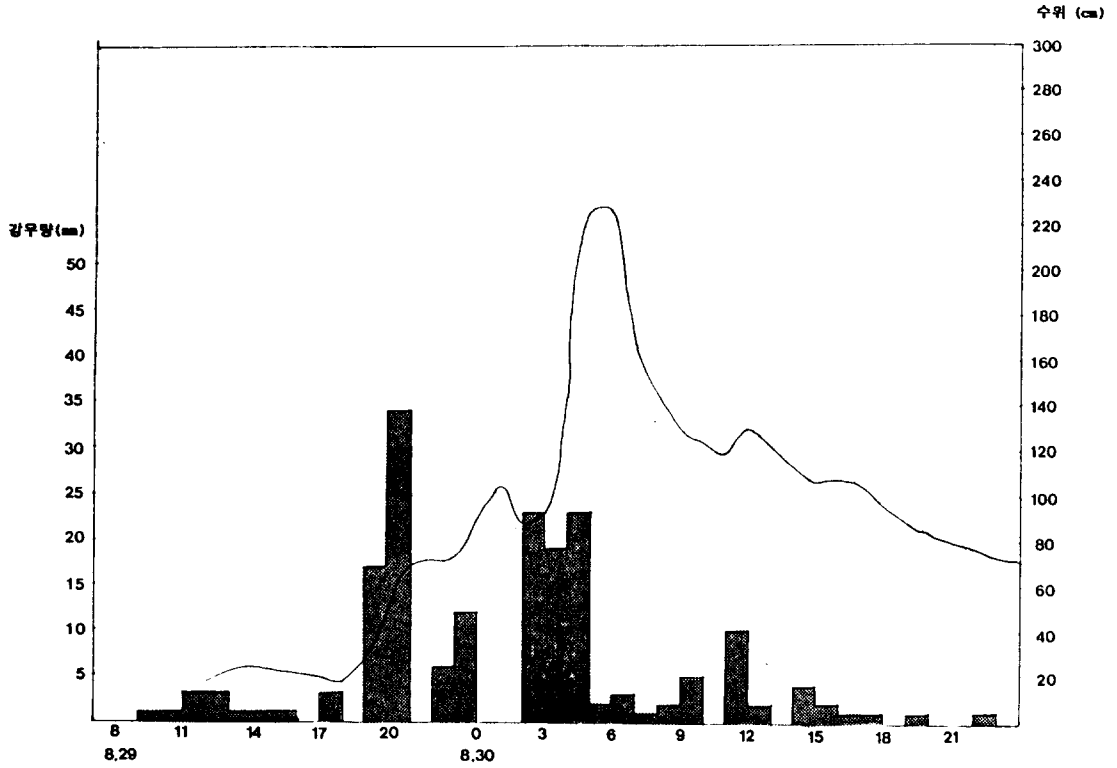


Fig. 17 Hyetograph and hydrograph for a storm on Anyang-cheon at Chung-Hoon Bridge (1987.8.29. 8:00-8.30. 24:00)

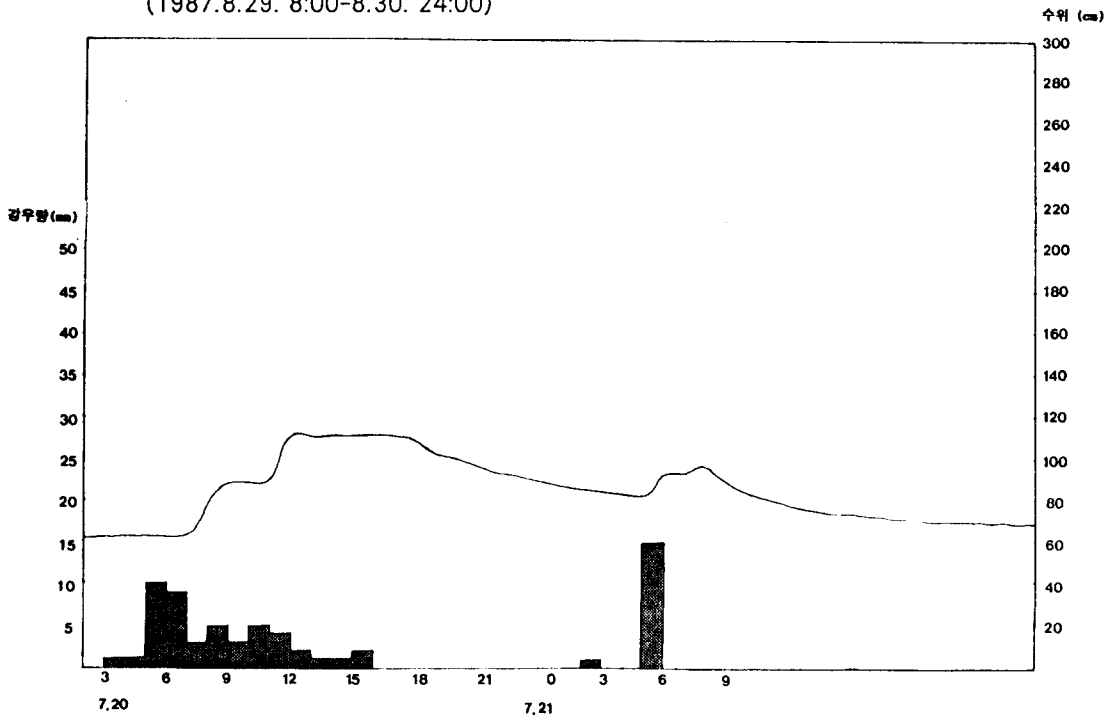


Fig. 18 Hyetograph and hydrograph for a storm on Anyang-cheon at Chung-Hoon Bridge (1988.7.20. 3:00-7.21. 12:00)



수도권지역 개발에 따른 자연재해 특징분석 : 안양천 유역분지에서 잠재적 수해 특징 분석

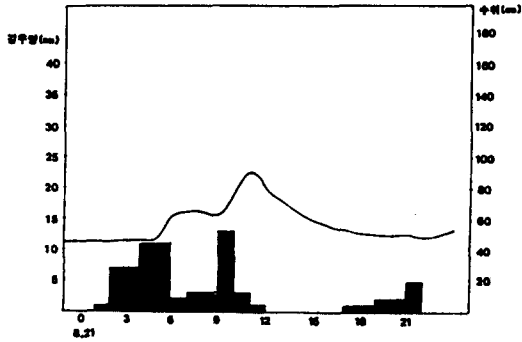


Fig. 19 Hyetograph and hydrograph for a storm on Anyang-cheon at Chung-Hoon Bridge (1989.8.21. 0:00-8.21. 24:00)

우 단축되었음을 알 수 있다. 특히 개발중에는 강우패턴에도 수위의 변화가 즉각적이면서 매우 민감하게 반응하였고 강우량에 대한 수위의 변화량이 대단히 크게 나타났다(Fig. 20, 21, 22).

택지개발이 완료된 1993년과 1995년 사이의 연도별 최대 홍수사상에 대해 우량분포패턴과 수위변화패턴을 조사해 보면 이시기에 평균적으로 비가 오기 시작한 후 11시간이 경과한 후에 최고수위가 나타났다으며, 최대강우가 기록된 후 평균 약 1시간이 경과한 후에 최고 수위가 기록되었다. 개발이 완료된 후에도 강우패턴에 대해 수위의 변화가 즉각적

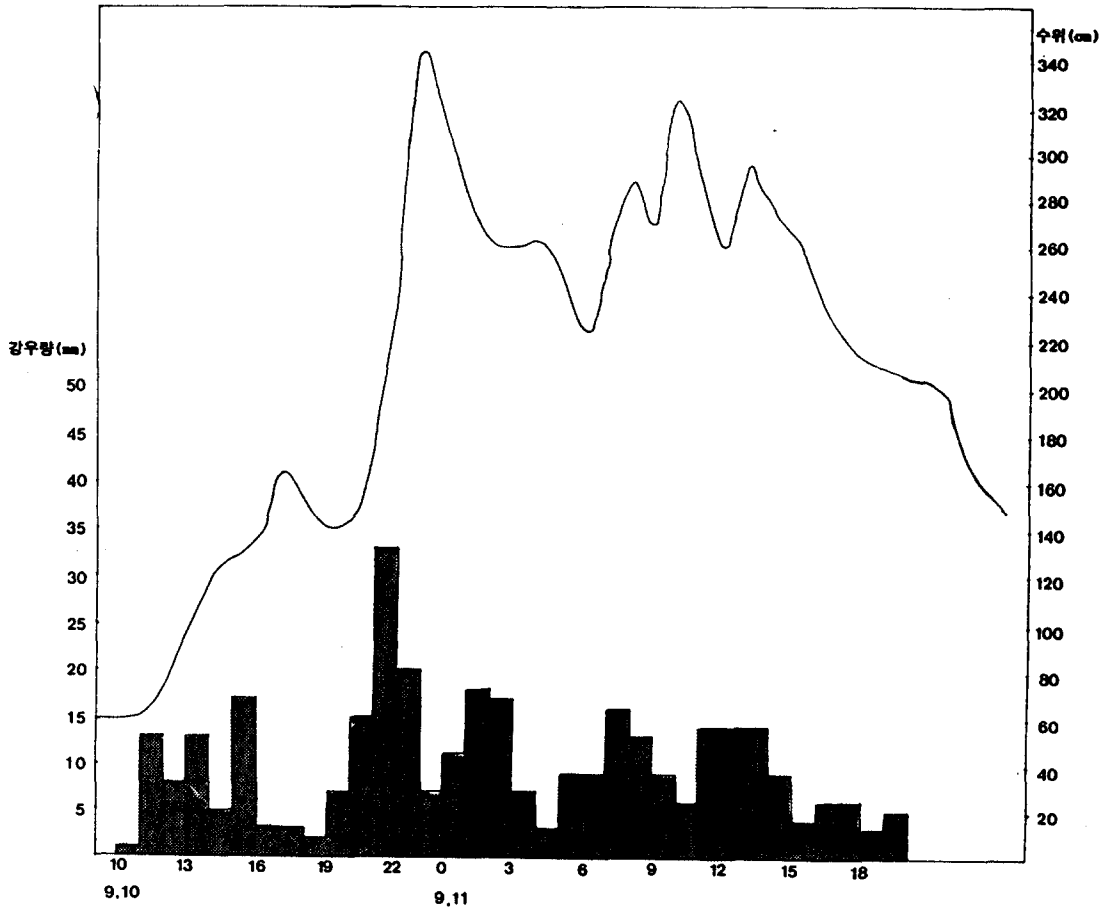


Fig. 20 Hyetograph and hydrograph for a storm on Anyang-cheon at Chung-Hoon Bridge (1990.9.10. 10:00-9.11. 24:00)

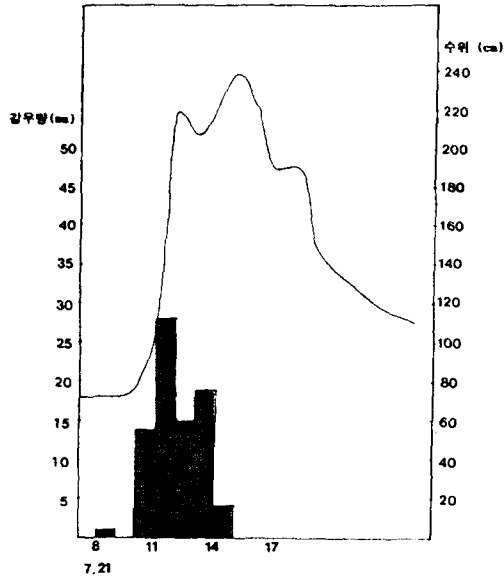


Fig. 21 Hyetograph and hydrograph for a storm on Anyang-cheon at Chung-Hoon Bridge (1991.7.21. 8:00-7.21. 24:00)

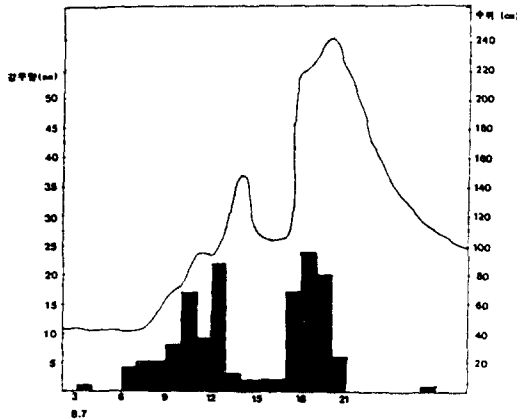


Fig. 22 Hyetograph and hydrograph for a storm on Anyang-cheon at Chung-Hoon Bridge (1992.8.7. 3:00-8.8. 6:00)

으로 반응을 보여주었지만 강우량에 대한 수위의 변화량이 개발도중의 시기에 비해 크게 나타나지 않았다(Fig. 23, 24, 25).

강우량의 규모와 분포패턴에 따라 다르겠지만 대체로 개발전과 개발후가 개발도중 보다 강우량에

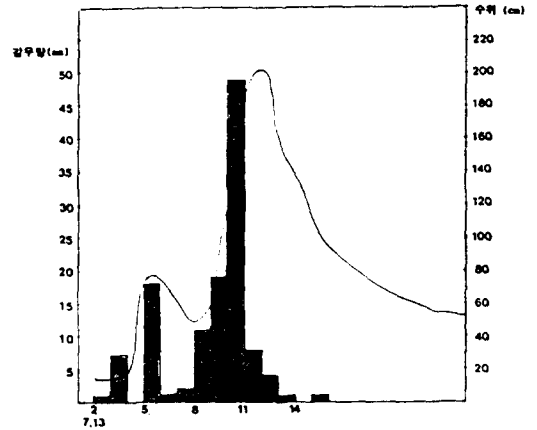


Fig. 23 Hyetograph and hydrograph for a storm on Anyang-cheon at Chung-Hoon Bridge (1993.7.13. 2:00-7.13. 20:00)

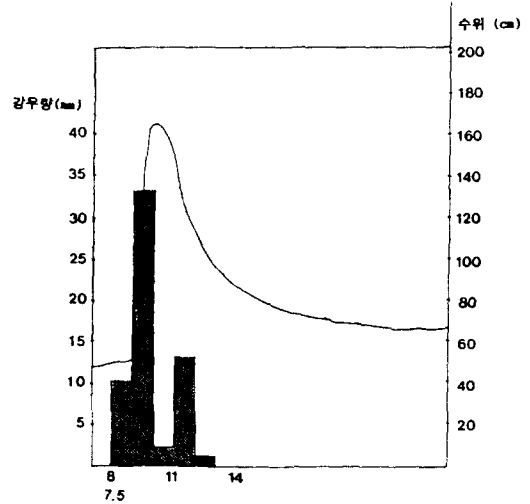


Fig. 24 Hyetograph and hydrograph for a storm on Anyang-cheon at Chung-Hoon Bridge (1994.7.5. 8:00-7.5. 24:00)

대한 수위의 변화량이 적은 편이다. 이는 건설전에는 논이나 녹지에 의해 보수되었다가 서서히 하도로 흘러들어 갔기때문에 수위의 변화량도 완화되고 최고 수위가 나타나는 시간도 지연되어 나타나게 되기 때문이다. 특히 평촌 및 산본 택지 개발지구는 개발 전에는 대부분이 논이나 임야로 되어 있었던 지역이다. 또한 도시지역 내에서 배수체계는 각

수도권지역 개발에 따른 자연재해 특징분석 : 안양천 유역분지에서 잠재적 수해 특징 분석

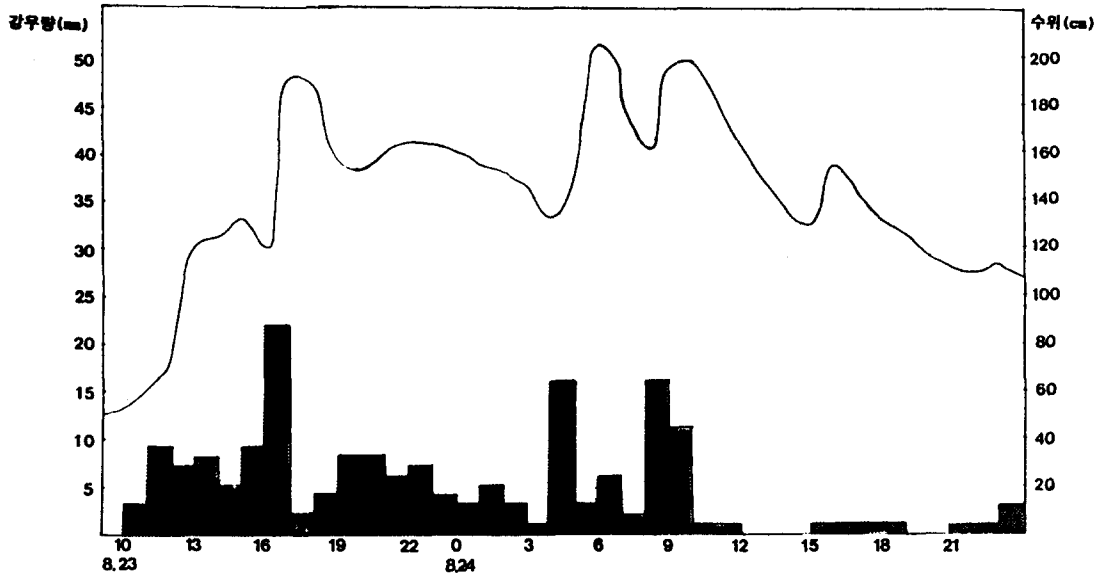


Fig. 25 Hyetograph and hydrograph for a storm on Anyang-cheon at Chung-Hoon Bridge (1995.8.23. 10:00-8.24. 24:00)

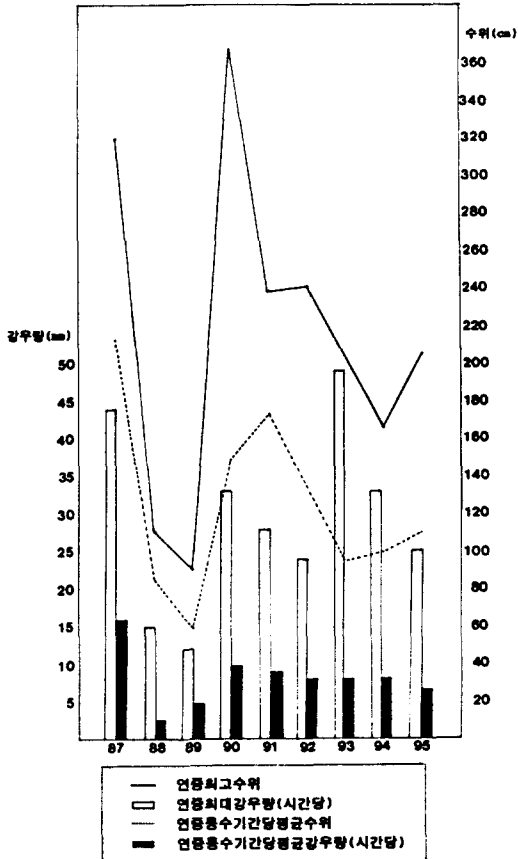


Fig. 26 Hyetograph and hydrograph for the annual maximum storm

소유역의 우수 및 하수량 등의 유출량을 하구부로 전달하는 하수도와 하구부에 모여드는 유출량을 일시적으로 저해시키는 유수지, 유수지에 저류된 물을 제방 밖으로 배수시키는 빗물 펌프장으로 구성된다. 개발후는 이러한 배수시설이 완비됨으로써 우량이 조절되어 수위의 변화량이 완화된다고 볼 수 있다. 반면에 개발전에 비해 개발후가 비가온 후 즉각적으로 최고 수위에 달하게 되어 홍수도달시간이 매우 단축됨을 알 수 있다. 이는 개발에 따른 불투수층의 증가로 야기된다고 볼 수 있다(Fig. 26). 이 지역에서 1989년에서 1993년까지 시가지역의 약 7.04km<sup>2</sup>나 증가하고 전체 면적에 대해 55% 증가함에 따라 홍수도달시간은 약 4시간 정도 단축되었다.

개발이 진행되고 있는 시기에는 도시내 배수시설이나 녹지 및 논과 같이 물을 일시적으로 저류하여 조절되는 것이 없기 때문에 우량에 대한 수위의 변화가 극단적으로 나타나며 또한 홍수도달시간도 매우 단축되어 나타난다. 이는 개발 도중에 홍수해나 산사태와 같은 재해가 일어날 확률이 높을 수 있음을 알 수 있다. 개발 후에도 홍수도달시간이 매우

단축되므로 하천가의 개발등은 재해의 규모를 증대시킬 확률을 높일 것이다. 따라서 도시화가 진전됨에 따라 수반되는 도시홍수문제를 해결하기 위해 유역의 토지이용 계획 등을 고려한 종합적인 치수 대책의 수립이 절실히 요구된다.

## 결 론

최근 대규모 택지 개발이 이루어 졌던 수도권 중심의 일산, 중동, 분당, 평촌, 산본의 5개 신도시 지역에서는 개발에 따른 토지이용의 급격한 변화로 수문환경의 변화를 야기시켜 자연재해로 인한 피해가 증대될 수 있다고 생각된다. 본 연구의 목적은 안양천 유역분지를 중심으로 도시화가 본격적으로 이루어지기 이전의 하도를 복원 시켜 하도의 변화를 파악하려 한다. 또한 1957년과 1991년 사이의 토지이용패턴의 변화를 추적하여 개발방향을 고찰하고 개발활동이 자연 재해 중 수해의 피해가능성 지역에서 이루어지고 있는지를 살펴려 한다. 마지막으로 개발의 진전되면서 환경영향평가기 재해에 대한 평가항목이 결여되어 개발활동이 의도하지 않은 피해를 가중시키는 결과를 초래하게 될 수도 있다. 따라서 안양천유역의 상류부근에서 1989년 이래 집중적 택지개발로 시가지지역이 확대되면서 수문 현상의 변화를 파악하여 홍수와 같은 자연재해의 변화양상을 파악하려고 한다.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 하천이 개수되면 유속이 빨라지고 침투유량이 증가한다. 그런데 안양천 유역은 대부분의 하천이 직선화 되고 많은 지류 소하천이 복개되어 지표상에 분포하는 하천의 총길이가 1957년에는 254km에서 1992년에는 167km로 감소하였다.

둘째, 1957년과 1991년 사이의 토지이용 변화에 영향을 미친 것은 지형적 조건과 개발제한구역 설정과 같은 제도적 요인이다. 이 시기 동안 본 연구 지역에서 가장 획기적인 변화는 유역분지내에서 10%의 농경지와 20%의 임야가 감소되고, 시가지지역이

약 30% 확대되었다는 점이다. 특히 시가지지역은 하천양안의 경사가 완만하고 저평한 지역에 주로 분포하고 있다.

안양천이 학의천과 만나는 지점에서 하구에 이르는 분류에서는 하천양안을 따라 버퍼를 1km로 정하고 이외의 하천에서는 하천양안을 따라 300m로 버퍼를 정하여 하천 버퍼내의 토지이용현황을 보면 1957년의 하천 버퍼지대에서는 주로 임야(42.53%)와 농경지(43.08%)로 이용되고, 오로지 14.39%만이 시가지지역으로 이용되고 있었다. 그러나 1991년에는 하천 버퍼지대에서 집중적으로 개발활동이 진행되어 42.76%가 시가지화 되었으며, 약 30% 가량이 농경지로 이용되고 있어 홍수시에 수해의 피해 규모가 증대될 가능성이 크다.

셋째, 대부분이 논이나 임야로 되어 있었던 지역인 평촌 및 산본 택지 개발지구에서는 강우량의 규모와 분포패턴에 따라 다르겠지만 대체로 개발전과 개발후가 개발이 진행되고 있는 시기 보다 강우량에 대한 수위의 변화량이 적은 편이다. 이는 건설전에는 유역 분지내에 내리는 우량이 논이나 녹지에 의해 저류되었다가 서서히 하도로 흘러들어 갔기 때문에 수위의 변화량도 완화되고 최고 수위가 나타나는 시간도 지연되어 나타나게 되기 때문이다. 개발후는 도시내 배수시설이 완비됨으로서 우량이 조절되어 수위의 변화량이 완화 된다. 반면에 개발전에 비해 개발후가 비가 온 후 즉각적으로 최고 수위에 달하게 되어 홍수도달시간이 매우 단축됨을 알 수 있다. 이 지역에서 1989년에서 1993년까지 시가지지역이 약 7.04km<sup>2</sup>나 증가하고 전체 면적에 대해 5.5% 증가함에 따라 홍수도달 시간은 약 4시간 정도 단축되었다. 이는 개발에 따른 불투수층의 증가로 야기된다고 볼 수 있다.

개발이 진행되고 있는 시기에는 도시내 배수시설이나 녹지 및 논과 같이 물을 일시적으로 저류하여 조절되는 것이 없기때문에 우량에 대한 수위의 변화가 극단적으로 민감하게 나타나며 또한 홍수도달 시간도 매우 단축되어 나타난다. 이는 개발 도중에

홍수해나 산사태와 같은 재해가 일어날 확률이 높아질 수 있음을 알 수 있다. 개발후에도 홍수도달 시간이 매우 단축되므로 하천가의 개발등은 재해의 규모를 증대시킬 가능성이 있다.

하천환경관리 중 유량확보는 물의 이용 및 치수 목적 뿐 아니라 수질 보전을 위한 퇴적 용수 및 친수 목적을 위한 유지유량면에서 매우 중요하다. 도시화가 진전됨에 따라 건기에는 하천이 건천화 되어 하천의 친수 기능이 상실되고, 우기에는 첨두유량의 증가와 홍수도달시간의 단축으로 수해와 같은 자연재해의 피해를 확대시킬 수가 있다. 따라서 자연재해 피해를 줄이고 하천의 친수 기능을 합리적으로 살리기 위해 유역의 토지이용 계획 등을 고려한 종합적인 치수대책의 수립과 개발지역에서 재해영향평가 제도의 도입이 절실히 요구된다.

## 참 고 문 헌

건설부, 1983, 안양천 유역 종합치수대책.  
 건설부, 1988, 방재종합대책 증장기 계획 조사보고서.  
 건설부, 1992, 하수도  
 김주환, 권동희 편저, 1990, 지구환경, 신라출판사.  
 김주환, 권동희 편저, 1992, 환경재해, 신라출판사.  
 김주환, 권동희, 김창환 편저, 1993, 환경과 생활—환경지리학적 접근, 신라출판사.  
 내무부, 1995, 재해극복30년사(1963—1993).  
 서울시정개발연구원, 1993, 도시하천 수질관리 방안을 위한 연구 : 안양천을 중심으로.  
 서울특별시, 1985, 한강사.  
 성효현, 1994, 서울의 도시 성장과 자연환경, '94 서울학 세미나 요약문, pp.1—14.  
 성효현, 박종숙, 1995, 도시화에 따른 하천 유역 분지에서 자연환경 변화 연구, The 5th GIS Workshop Proceeding, CADLAND, pp.405—422.  
 \_\_\_\_\_, 1995, 도시화에 따른 홍제천 유역의 지형 및 하천환경 변화, 이화지리총서6, pp.355—377.

심재현, 1994a, 도시지역내 개발행위에 따른 유출 변화량의 산정, 지방행정연구, 제 8권 제4호, pp. 147—165.  
 \_\_\_\_\_, 1994b, 도시유역 배수체계의 치수안전도 검토 : 서울시를 중심으로, 지방행정연구, 제9권 제 3호, pp.117—144.  
 \_\_\_\_\_, 1994c, 우리나라 홍수재해 관리 및 운영체제의 문제점과 개선방안, 지방행정연구, 제9권 제1호, pp.121—141.  
 안양시, 1980, 2000년대를 향한 안양시 장기종합개발계획 실시계획(1982—1986).  
 안양시, 1992, 안양시 하수도 정비기본계획 변경 보고서.  
 안양지역경제연구원, 1989, 평촌·산본 신도시 건설과 안양권 발전. 제9권 제3호, pp.117—144.  
 최병두, 1991, 한국의 공간과 환경, 한길사.  
 한국수자원공사, 1990, 한강하천 유지유량 조사연구 보고서.  
 한국지방행정연구원, 재해영향평가제 시행방안, 1995  
 한국토지개발공사, 1989, 안양·평촌지구 택지개발사업 기본계획 및 기본설계.  
 한국토지개발공사, 1989, 안양·평촌지구 택지개발사업 환경영향평가서.  
 Anderson, Henry W., Some Interpretations of Sediment Source and Causes, Pacific Coast Basins in Oregon and California, Symposium 1—Land Erosion and Control, Paper No.2.  
 Bell, M.L., 1982, The Effect of Land—use and Climate on Valley Sedimentation. In A.F. Harding (ed.), Climatic Change in Later Prehistory, Edinburgh : Edinburgh University Press, 127—42.  
 Cooke, R.U. and J.C. Doornkamp, 1990, Geomorphology in Environmental Management(second edition), Oxford University Press.  
 Doornkamp, John C., 1985, The Earth Sciences and

- Planning in the Third World, Liverpool University Press.
- Dunne, T., and L.B. Leopold, 1978, Water in Environmental Planning, San Francisco, Freeman.
- Goudie, A.S., 1990a, The Human Impact on the Natural Environment (third edition), Basil Blackwell.
- Johnston, R.J. (ed.), 1993, The Challenge for Geography – A Changing World : A Changing Discipline, Blackwell.
- Jones, R., Benson – Evans, K. and F.M. Chambers, 1985, Human Influence upon Sedimentation in Llangorse Lake, Wales, Earth Surface Processes and Landform, 10, 227 – 35
- Kates, R.W., Turner, B.L, II and W.C. Clark, 1991, The Great Transformation. In B.L. Turner, W.C. Clark, R.W. Kates, J.F. Richards, J.T. Mathews and W.B. Meyers (eds), The Earth as Transformed by Human Action : global and regional changes in the biosphere over the past 300 years, Cambridge University Press, 1 – 23.
- Knox, J.C., P.J. Bartlein, and W.C. Johnson, 1974, Environment assessment of Sediment Source and Sedimentation distributions for the lake Lafarge Watershed and impoundment; in Environment Analysis of the Kickapoo River Impoundment; Institute for Environmental Studies, Univ. of Wisconsin, Report 28, 77 – 116.
- Knox, J.C., et al, 1975, Response of Floods and Sediment Yield to Climatic Variation and Landuse in the Upper Mississippi Valley, Center for Geographic Analysis; Univ. of Wisconsin – Madison.
- Lustig, Lawrence K., 1965, Sediment Yield of the Castaic Watershed, Western Los Angeles County California – A Quantitative Geomorphic Approach, Geological Survey Professional Paper 422 – F, United States Government Printing Office, Washington.
- Madej, M.A., C.O'Sullivan, and N.Varnum, 1986, "An Evaluation of Landuse, Hydrology, and Sediment Yield in the Mill Creek Watershed, Northern California", Redwood National Park Research and Development Technical Report Number 17.
- Piest, R.F, 1972, Chapter 4, Sediment Sources and Sediment Yields – Closure; Proc., Am. Soc. Civil Engineers. 98 – HY5; 938 – 948.