

# 공동주택단지의 공간적 특성 분석을 통한 분산식 빗물관리 방향 설정

## A Study on Decentralized Rainwater Management by Analysing the Spacial Properties in Urban Housing Complexes

한 영 해\*  
Han, Young-Hae

양 병 이\*\*  
Yang, Byoung-E

이 태 구\*\*\*  
Lee, Tae-Goo

### Abstract

Until today, rainwater management was processed without disposing the peak discharge, which was due to rainfall, to provide stability against flood damage. In this process, the natural hydrologic cycle changed quickly, and because of this, some problems that could harm human beings and the environment arose. These problems need to be addressed accordingly. One of the proposals was to carry out decentralized rainwater management through a natural hydrologic cycle on site, including utilization, infiltration, detention, and retention of rainwater.

This study aims to set the direction of applicable decentralized rainwater management to housing complex in Korea. Therefore, spacial properties in urban housing complexes were analysed such as the impervious area-to-land ratio, the green area-to-land ratio, artificial land-to-land ratio etc.

As the result of this study, when a housing complex was small and developed by reconstruction, the impervious area, artificial land, the green area in the artificial land-to-land ratio were high. So, direction of decentralized rainwater management of these housing complexes is available to utilize and detain rainwater. On the other hand, those of big housing complexes in land development district were low relatively. So, direction of decentralized rainwater management of these housing complexes is available to infiltrate and evaporate rainwater .

키워드 : 분산식 빗물관리, 침투, 저류, 불투수포장율, 공동주택

Keywords : decentralized rainwater management, infiltration, detention, impervious area-to-land ratio, housing complex

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

이제까지 상수와 하수의 이분법적 개념은 물의 흐름을 공급과 처리라는 일방향적 과정으로 인식하여 대규모 중앙 집중식 시스템을 구축하게 되었고, 빗물 또한 도시지역에서 배제해야 하는 하수 개념으로 관리되어 왔다. 따라서, 빗물관리는 수해에 대한 안정성 확보를 주요목적으로 강우시 발생하는 침투유출을 최대한 안전하게 배제하는 방향으로 진행되어 왔다. 이 과정 중 자연에서 일어나는 다양한 물의 순환과정은 빠르게 단순화되었고, 그로 인해 인간과 환경에 미치는 문제점들이 인식되면서 이를 극복하기 위한 방안들이 논의되기에 이르렀다.

이러한 움직임 중의 하나가 빗물을 가능한 한 발생지점(on-site)에서 자연적인 순환과정을 거쳐 처리되도록 이용이나 침투, 저류를 통해 지역내 분산식(decentralized)으로 관리하는 방안이 대두되고 있다. 분산식 빗물관리는 비단 수문현상의 변화 뿐 아니라 도시화에 따른 불투수면의 증가로 인한 도시기후의 영향을 제어할 수 있는 새로운 유역관리로서, 경제적이고 환경적이며 사회적 비용 절감을 위한 도시 물관리 시스템으로 인식되고 있다(Wostl, 2002).

분산식 빗물관리는 적용되는 공간적 위계와 주요목적에 따라 접근방법이 달라짐으로서 다의적 해석이 가능하다. 즉, 도시차원에서부터 단지, 개별 건축물에 이르기까지 분산식 빗물관리의 적용이 가능하며, 방재를 주요목적으로 하느냐 친환경조성, 수자원 확보냐에 따라 분산식 빗물관리의 형태가 다르게 전개되기 때문이다.

이에 본 연구는 공동주택단지 차원에서 분산식 빗물관리계획을 적용하기 위하여 고려되어야 하는 요소를 검토하고자 한다. 또한 국내 공동주택단지의 개발양상을 분석함

\* 에코아르케 생태도시건축연구소장, 공학박사

\*\* 서울대학교 환경대학원 교수

\*\*\* 세명대학교 건축공학과 교수

으로써 국내 공동주택단지에 적용가능한 분산식 빗물관리 방향을 설정하고자 한다.

### 1.2 연구범위 및 방법

본 연구의 내용적 범위는 다음과 같다.

첫째, 분산식 빗물관리의 개념 및 국내외 관련동향을 분석하고자 한다.

둘째, 구체적으로 분산식 빗물관리를 계획하기 위하여 고려되어야 하는 요소를 문헌분석을 통해 도출한다.

셋째, 국내 공동주택단지의 공간적 특성을 파악할 수 있는 자료를 수집하고 이에 대한 일반적 특성분석 및 일부사례단지에 대한 공간적 특성을 분석한다.

끝으로 분석결과를 토대로 국내 공동주택단지의 분산식 빗물관리 계획방향을 제시한다. 현재 공동주택단지의 개발양상을 파악하기 위하여 전국적으로 1996-2002년에 설계된 공동주택단지<sup>1)</sup> 중 82개의 공동주택단지를 표본추출하였다. 표본추출 기준은 다음과 같다.

첫째, 임대주택단지, 주상복합단지를 제외한 공동주택단지를 대상으로 하였다. 이는 빗물침투·저류시설이 설치가능한 외부공간의 녹지면적에 대해 단지의 성격에 따라 다르게 정하고 있기 때문이다.

둘째, 주거단지 규모는 옥외공간계획이 가능한 일정규모(10,000㎡, 300세대)이상으로 하였으며, 도시계획상 주거지역으로 지정된 곳의 단지를 분석하였다.

셋째, 단지위치는 전국적으로 하였으며 이는 단지위치에 따라 계획적 특성이 있는지를 검토하기 위함이다.

자료수집은 대한주택공사를 비롯하여 대우, 쌍용 등 민간건설업체의 협조를 얻어 구축하였으며, 해당자료는 지반구분이 가능한 단지계획도와 설계도면, 토목관련 도면을 위주로 분석하였으며, 필요한 경우 해당 단지계획과정 관련 보고서 등의 문서를 함께 검토하였다.

각 단지의 건폐율, 녹지율, 지하주차장 비율, 불투수포장율 등을 분석하고 이러한 요인들이 개발유형, 단지위치, 단지규모별로 어떠한 차이가 있는지를 분석하기 위하여 일원배치 분산분석 및 다중비교를 실시하였다.

자료의 수집과 정리에는 Microsoft Excel 2002, 도면분석에는 AutoCAD 2002, 통계분석에는 SPSS for Window Release 10.0 Standard Version을 사용하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 분산식 빗물관리의 개념 및 동향

분산식 빗물관리는 지역내에서 발생하는 유출수를 빗물이용 및 침투·저류시설 등을 이용하여 그 지역내에서 처리하는 방법으로, 이를 위해서는 빗물의 상태 활용목적에 따라 전처리·이용·저류·침투시설을 조합하여 계획

한다(Freie und Hansestadt Hamburg Umweltbehoerde, 2000)(그림 1). 분산식 빗물관리는 방법론적으로는 집중식의 반대되는 개념으로서 빗물을 최적으로 관리할 수 있는 기법(BMP's ; Best Management Practices)의 한 유형이다. 또한 계획적 측면에서 본다면 개발로 인해 발생하는 영향요인을 적게 하는 저부하형 계획·설계기법이다(한영해, 2005).

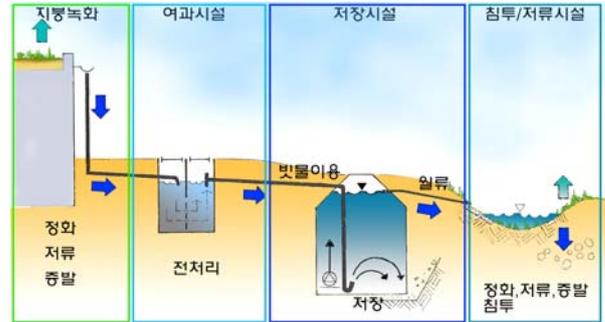


그림 1. 단지내에서의 분산식 빗물관리 개념도

전통적인 집중식 빗물처리 기술의 한계가 지속적으로 논의되면서 이를 대처할 수 있는 새로운 방안들이 미국을 포함한 영미권과 유럽, 일본 등 각 지역마다 매우 다양하게 나타나고 있다. 미국의 Maryland주, 뉴질랜드의 Auckland 지역에서는 저부하형<sup>2)</sup>(LID; low impact development) 또는 최적관리기법<sup>3)</sup>(BMPs ; the best management practices) 등의 개념으로 분산식 빗물관리 기법들을 개발하고 이와 관련된 매뉴얼을 작성하였다(PGDER, 1997 ; Shaver, 2000).

독일에서도 비교적 활발하게 분산식 빗물관리에 관한 연구나 기술개발, 정책등이 수행되고 있다. 영미권의 저부하형 설계기법이나 매뉴얼 등이 비 제도적으로 자발적인 참여를 유도하는 반면 독일에서는 제도권내에서 실현될 수 있는 장치들이 함께 개발되어 보다 적극적으로 적용되고 있다. 한 예로 독일의 바덴-뷔르템베르그 주 환경보호국(Landesanstalt fuer Umweltschutz Baden-Wuerttemberg)은 주거지역내에서 생태계와 삶의 질 개선을 목적으로 토양활성화 방안을 연구하면서 분산식 빗물침투, 빗물저류와 이용, 투수포장재의 이용, 지붕녹화, 벽면녹화 등 보다 구체적인 안들을 제시하였다 (Landesanstalt fuer Umweltschutz Baden-Wuerttemberg, 1999).

2) 오클랜드 주의회(뉴질랜드)에서 발간한 저부하형 설계기법 매뉴얼(Low Impact Design Manual for The Auckland Region, Auckland Regional Council)은 빗물관리의 관점에서 우선적으로 실현가능한 저부하형 주거단지 설계 및 개발에 대한 새로운 대안을 제시하고 있는 것이 특징이다. 저부하형 설계를 위해 주요하게 고려하고 있는 요소는 개발 후 CN(Curve Number, 유출곡선지수)변화를 최소화할 것과 침투시간(Tp ; time to peak) 증가, 표면거칠기의 증가, 유출흐름의 지체, 저류공간의 확보 등을 제시하고 있다.

3) 미국에서는 빗물 유출 및 오염물질 감소를 위해 최적관리방안(BMP's ; Best Management Practices)을 제시하고 있다. 이는 도시지역에서 빗물의 양적처리 뿐 아니라 수질개선 측면에서 빗물을 지역적으로 침투 및 저류시키는 방안을 중요한 요소로 다루고 있다.

1) 본 연구에서는 앞으로 분산식 빗물관리를 계획하기 위한 방안을 모색하는 것이므로 1996년 6월 주택건설촉진법, 주택건설기준등에관한규정에서 지하주차장을 일정비율 설치하도록한 시점을 기준으로 그 이후에 설계된 공동주택단지를 선정, 분석하였다.

독일에서 실제 주거지역에 빗물침투·저류시설이 설치된 예는 매우 많으며, 그러한 시설들이 모두 침투·저류량 증대 뿐 만 아니라 주거환경의 질을 높이는 구성요소로 작용하고 있다. 쿠퍼스부쉬 주거단지(siedlung Kueppersbusch, Gelsenkirchen)의 옥상녹화(그림 2 상·좌)와 오픈스페이스 중앙부에 설계된 잔디광장(그림2 상·우)이나 크론스베르그 주거단지(Kronsberg, Hannover) 내부의 개거형 수로(그림2하·좌)와 저류연못(그림2하·우) 등은 빗물을 이곳에 침투, 저류시키는 기능 뿐 아니라 양호한 오픈스페이스의 시설로 기능한다(Londong und Nothnagel, 1999 ; 서안환경설계연구소, 2000.)



그림 2. 주거단지에서 분산식 빗물관리의 적용 예

미국이나 독일 등에서 적용되는 분산식 빗물관리의 공통된 목적은 자연적인 물순환체계를 회복한다는 것과 개발로 인한 영향을 최소화한다는 것이며 따라서 적용되는 시설의 형태적 특성도 자연형태에 가까운 것이다. 반면 일본에서의 빗물관리 형태는 유출억제를 주요목적으로 빗물의 이용, 침투, 저류를 다루고 있다. 이는 일본의 강우형태와도 관련이 있으며, 수해피해가 많이 발생하는 지역적 상황을 고려하여 나타난 형태이다. 1980년대 초반 이후 지역내 저류침투시설에 관심을 갖고 침투통이나 침투측구, 침투트렌치 등 유출억제를 목적으로 하는 시설들이 주로 적용되었다(住宅·都市整備公團 建築部 土木課, 1967).

이러한 경향은 국내에서도 유사하게 나타나고 있어 유출억제·저감시설에 대한 연구(국립방재연구소, 1998~2001) 및 빗물을 이용적 측면에서 다루는 등(서울시정개발원2003; UNEP-SNU 빗물연구센터 2002~2003) 비교적 다양한 측면에서 제시되고 있다. 그러나 최근에는 주거단지 내에 자연적인 배수체계가 생물서식공간으로서의 빗물침투·저류계획이 부분적으로 진행되고 있다(서울대학교, 2002; 대한주택공사; 2004).

## 2.2 분산식 빗물관리 계획 시 고려요소

분산식 빗물관리 계획을 수립하기 위하여 검토되어야 하는 요소들은 매우 다양하다. 즉, 계획지역의 강우자료나 유역의 물리적·공간적 특성, 적용하고자 하는 계획시설 등 면밀한 분석을 토대로 한다(한영해, 2005). 이중 적용지역에 대한 공간적 특성은 분산식 빗물관리의 방향을 설정

하는데 주요한 변수가 된다.

Sieker(2002)의 연구에 의하면 분산식 빗물관리계획을 수립하기 위하여 검토되어야 할 요소 중 토지이용요소로서 건축물의 유형, 토지이용현황, 시설도입이 가능한 공간 등을 제시하였다. 이외에도 토지이용의 가능성, 대상지의 토지이용현황, 불투수포장정도 등을 검토할 것을 명시하고 있다(UNEP;2002, Mondale; 2001). 위의 선행연구들을 검토하였을 때, 해당유역에 대한 공간적 특성 분석은 분산식 빗물관리를 계획하기 위해 적용시설의 선정이나 시설의 조합 유형에 영향을 미치는 중요한 변수가 된다.

본 연구에서는 이러한 선행연구 결과를 바탕으로 국내 개발되고 있는 공동주택단지의 토지이용과 관련된 불투수도양포장도와 지반유형에 따른 녹지현황, 기타 다른 토지이용과의 관계 등을 분석하고자 한다. 이러한 분석결과를 토대로 국내 공동주택단지에서의 적용가능한 분산식 빗물관리의 방향을 설정하고자 한다.

## 3. 연구결과

### 3.1 분석내용의 결정

공간적 특성을 분석하기 위하여 사례단지의 일반적 특성과 분산식 빗물관리를 위해 검토되어야 하는 사항을 분석하고자 한다. 일반적 특성은 사례단지의 개발방식, 단지 위치, 단지규모에 따라 건폐율, 용적율, 녹지율 등을 분석하며, 침투·저류시설 적용 가능성을 검토하기 위해서는 단지 내 불투수도양포장율, 지반유형별 녹지면적, 지하공간이용형태(지하주차장) 등을 분석한다. 이를 통해 현행 공동주택 계획에서 불투수 포장면의 투수면 대체 가능 정도, 자연적 물순환을 위한 자연지반 확보 가능성 등을 제시하고자 함이다. 또한 녹지의 형태나 규모, 지반유형에 따라 빗물침투·저류시설의 적용범위가 달라지는 것을 고려하여 공간적 해석을 통한 빗물 침투·저류시설선정 기준을 마련하고자 함이다.

#### 1) 불투수도양포장율

단지내 불투수 포장면적은 건축면적과 도로, 주차장 등 빗물이 통과할 수 없도록 토양이 포장된 부분이며, 토양포장율은 전체 대지면적에 대한 이들 면적의 합으로 나타난다<sup>4)</sup>. 불투수포장면일 경우 그 위에 녹지나 투수포장재로 대체함으로써 빗물의 유출을 줄이고 물순환 기능을 증진시키는 데 기여할 수 있다. 즉, 건축면적의 일부는 지붕녹화에 의해 투수면으로 대체가 가능하고 주차면은 잔디블럭이나 그 밖의 투수포장재를 설치함으로써 토양포장율을 줄일 수 있다. 따라서 이러한 분석을 통해 불투수 포장제거나 투수포장재로의 대체 정도를 제안하게 된다.

4) 각 단지계획의 개요에 의하면 건폐율과 도로율, 지상주차장갯수가 명시되어 있어 따로 각각의 도면을 구적하지 않고도 불투수 포장면적을 구할 수 있다. 그러나 단지내 보도나 어린이놀이터, 휴게소 등은 같은 공간이라도 불투수포장과 투수면이 혼재되어 있어 정확한 면적 산출에 많은 시간과 비용이 소요된다. 따라서 본 분석에서는 이러한 공간의 불투수면적 산출을 제외하였다. 따라서 실제 단지에서의 토양포장비율은 계산된 값보다 더 높을 수 있다.

2) 지반유형별 녹지면적

자연지반은 빗물의 지하침투 및 일시저장, 증발 등 자연적인 물순환을 도모하는데 중요한 요소이다. 그러나 주차장 설치기준이 강화와 지상주차면적의 확대를 제어하기 위하여 지난 1996년 이후 지하주차장의 비율이 규정화 되면서 단지내 인공지반이 확대되기에 이르렀다.

단지 내에서 자연적인 물의 순환을 도모하기 위해서는 자연지반 위의 녹지 뿐 아니라 자연지반 자체도 생태적·구조적으로 매우 중요하기 때문에 자연지반 면적율을 고려해야 한다<sup>5)</sup>. 이제까지는 녹지량을 확보하기 위한 노력으로 이루어졌으나 녹지의 확보와 더불어 자연적인 증발, 침투, 저류를 위한 자연지반의 녹지 확보가 요구된다. 이에 자연지반녹지율<sup>6)</sup>과 자연지반면적율을 구분하여 분석한다.

반면 인공지반 위의 녹지일 경우 이에 대한 형태적 특성 분석을 통하여 인공지반 위에 설치 가능한 침투, 저류시설의 선정이 가능하다. 이는 자연지반과는 달리 인공지반 위에서는 강우강도가 크고 지속시간이 길 경우 토양의 침투·저류한계를 넘어서 유출 비율이 커지기 때문이다.

3) 다른 토지이용과의 관계

대상단지내 자연지반이 많을수록 분산식 빗물관리시설의 적용율이 커지나 자연지반비율은 단지내 다른 토지이용과의 관계에 영향을 받기 때문에 이에 상충되는 요인을 고려해야 한다. 예를 들어 공동주택단지내 주차장 확보에 있어서 일정규모 이상의 지하주차장 확보는 불가피하며 이로서 자연지반의 확보가 어려워진다. 따라서 관련법에서 논의되는 기타 시설물배치<sup>7)</sup> 및 주차장 확보 등에 관해 이를 현실적으로 수용하면서 분산식 빗물관리계획을 위한 공간확보를 어떻게 할 것인가에 대한 분석이 필요하다.

표 1. 분석항목 및 내용

분석항목	개념	분석목적
불투수도양포장도	· 대지면적에 대한 불투수포장면적 · 건축면적, 도로, 지상주차장의 합	불투수포장 제거나 투수포장재료의 대체 정도 제한
지반유형별 녹지면적	· 자연지반 위 녹지 · 인공지반 위 녹지	빗물침투·저류시설의 위치 선정근거
타 토지이용과의 관계	· 인공지반 면적 · 지하주차장, 기타 지하구조물 면적	침투·저류시설의 선정근거, 지하공간의 활용가능성 등

공동주택 주차장면적 비율 및 지하주차장 비율 분석을 토대로 저류조, 기타 관련시설의 지하배치 시 타 토지이용과의 관계를 파악한다.

3.2 일반적 공간특성 분석결과

총 82개의 단지 중 개발유형별로 보면 택지개발사업에 의해 계획된 단지가 54개(65.0%), 재개발·재건축에 의해 계획된 단지가 28개(34.1%)이다. 또한 각 단지의 위치별로

- 5) 자연지반은 조경기준 제3조의 8에 따라 지하에 인공구조물이 없으며 물의 자연순환이 가능한 지반을 말한다.
- 6) 자연지반 녹지율(%) = (자연지반 녹지면적/대지면적)×100
- 7) 저류조, 빗물이용저장조, 기타 관련시설의 지하배치로 인한 지하공간의 활용은 주택건설촉진법에서 정하는 주택건설기준 등에관한규정을 토대로 한다.

보면 서울지역 6, 경기도지역 34, 광역시 31, 기타 11개이며, 이중 서울지역에서 계획된 단지는 모두 재개발·재건축에 의해 이루어진 단지이다.

세대수별 분포를 알아보기 위하여 총 82개 단지 중 결측값 11개를 제외하고 71개의 단지를 분석한 결과 500~1000 세대의 규모를 갖는 단지가 37개(54.4%)로 가장 많이 분포되어 있다. 단지의 일반적 특성을 알아보기 위하여 단지의 개발유형별, 단지위치별 토지이용현황을 파악한 결과 개발유형간의 차이가 나타나지 않았다(표1). 다만 서울지역에서 개발되는 단지는 건폐율이 높은 반면 지상주차면적비율<sup>8)</sup>이 낮게 나타남을 알 수 있다. 이는 좁은 개발면적에 비해 세대수가 많으나 상대적으로 주거환경에 관한 인식도가 높음으로 인해 주차공간을 지하화하고 상부를 공원화하는 경향이 많은 것으로 파악된다.

1) 개발유형별 특성

개발유형별 건폐율, 용적율, 녹지율, 세대수, 지하주차비율 등의 차이가 있는지를 알아보기 위하여 일원배치 분산 분석을 실시한 결과, 개발유형별 용적률(유의확률  $p=0.002$ )과 지하주차비율(유의확률  $p=0.016$ )간의 차이가 있다고 판단하였다(표 2). 택지개발사업일 경우 평균용적률이 208%, 재개발·재건축에 의한 단지는 270%로 후자의 경우 용적율이 비교적 더 높게 나타남을 알 수 있다. 지하주차장의 비율 역시 택지개발사업일 경우 평균지하주차장의 비율이 55%인 반면, 재개발·재건축에 의한 단지는 66.7%로 후자의 경우 더 높게 나타났고 두 집단간에 지하주차장의 비율이 차이가 있다고 말할 수 있다(유의확률  $p=0.016$ )(표 3). 이는 결국 재개발·재건축사업이 고밀도의 개발을 함으로써 세대수가 증가로 인한 용적율 상승과, 강화된 주차장법에 의해 주차면의 확보가 불가피해짐으로써 이에 지하주차장의 비율도 상대적으로 높게 나타남을 알 수 있다.

표 2. 개발유형, 단지위치, 단지규모에 따른 토지이용현황 비교

구분	내용	빈도수 (%)	토지이용율(평균)				평균 지하주차비율 (%)	
			건폐율 (%)	도로율 (%)	지상주차면적율 (%)	녹지율 (%)		기타 (%)
개발유형별	택지 개발사업	54(65.0%)	16.7	20.8	10.6	30.8	21.1	55.0
	재건축 재개발사업	28(34.1%)	20.6	23.0	10.2	28.5	17.7	66.7
	서울	6(7.3%)	25.6	20.0	5.4	30.4	18.6	82.7
단지위치별	경기도	34(41.5%)	16.0	20.3	10.3	33.0	20.4	55.4
	광역시	31(37.8%)	19.1	24.0	10.7	28.4	17.8	63.3
	그 외	11(13.4%)	17.5	19.5	11.8	28.5	22.7	49.0
단지규모별	300~500	10(14.7%)	19.1	22.4	8.2	31.7	18.6	69.0
	500~1000	37(54.4%)	18.3	22.3	11.1	30.1	18.2	56.5
	1000~2000	17(25.0%)	15.8	19.6	11.4	28.8	24.4	56.5
	2000 이상	4(5.9%)	24.3	20.0	6.3	34.6	14.8	76.4

- 8) 단지내 토지이용비율 중 도로율에 해당되는 내용은 단지내 도로와 주차로, 차로와 인접한 보도이다. 이외에 일반적으로 불투수포장이 되어 있는 공간은 주차면으로 지상주차면  $\text{면적} \times 11.5\text{m}^2$ 를 한 값이나 장애인주차면의 크기를 고려한다면 이보다 더 큰 면적이 된다.

표 3. 개발유형에 따른 공동주택단지의 특성(분산분석)

내용	F	유의확률	내용	F	유의확률
건폐율	3.886	.053	불투수도 양포장율	1.295	.261
용적율	10.109	<b>.002</b>	지상주차	4.513	<b>.038</b>
녹지율	2.578	.113	지하주차	6.103	<b>.016</b>
도로율	1.363	.249			

2) 단지 위치별 특성

단지가 위치한 지역에 따라 건폐율, 녹지율 간에 유의한 차이가 없는 반면 용적율(유의확률  $p=0.017$ )과 지하주차비율(유의확률  $p=0.010$ )간의 차이가 있다. 특히 LSD 다중비교 결과 유의수준  $\alpha=0.05$ 에서 단지위치 간 용적률이 서울과 경기도(유의확률  $p=0.043$ ), 경기도와 광역시(유의확률  $p=0.005$ )간의 차이가 있으며, 지하주차장 비율면에서는 서울과 경기도(유의확률  $p=0.010$ ), 서울과 기타지역(유의확률  $p=0.003$ ), 광역시와 기타지역(유의확률  $p=0.023$ )간의 차이가 있음을 알 수 있다(표 4).

평균용적율의 경우 서울 350%, 경기도 201%, 광역시 247%, 그 외 지역 201%로 서울이 월등히 높은 것으로 분석되었다. 지하주차비율의 경우 서울 82%, 경기도 55%, 광역시 63%, 그 외 지역 49%로 나타났다. 이러한 분석결과는 서울지역의 자료 모두가 재건축·재개발에 의해 신축된 단지이기 때문이다.

1996년 이후 주택건설기준등에 관한 규정에서 지하주차장을 일정비율 설치하도록 규정하였기 때문에<sup>9)</sup> 대부분 단지의 위치에 상관없이 50% 이상이 지하주차장으로 계획되고 지상부에 오픈스페이스를 확보하는 계획경향을 나타내고 있다. 그러나 서울의 경우 개발되는 단지가 대지면적이 비교적 적고 높은 지가로 인해 고밀의 개발이 이루어지기 때문에 대부분 주차장은 지하에 위치하고 지상부의 경우 오픈스페이스로 확보되는 경향을 확인할 수 있다.

표 4. 단지위치별 공동주택단지의 특성(일원배치분석, LSD다중비교)

종속변수	(I) 단지 위치	(J) 단지 위치	평균차 (I-J)	표준오차	유의확률	95% 신뢰구간	
						하한값	상한값
용적율	1	2	67.104	32.485	<b>.043</b>	2.245	131.963
	2	3	-52.444	18.160	<b>.005</b>	-88.702	-16.187
녹지율	2	3	4.619	1.551	<b>.004</b>	1.521	7.717
지하주차	1	2	26.871	10.124	<b>.010</b>	6.613	47.130
		4	33.688	10.883	<b>.003</b>	11.911	55.465
지상주차	1	2	-26.871	9.758	<b>.008</b>	-46.405	-7.338
		3	-20.834	9.737	<b>.037</b>	-40.325	-1.344
지상주차	1	4	-33.688	10.490	<b>.002</b>	-54.686	-12.690
		3	4	-12.854	5.962	<b>.035</b>	-24.789

1: 서울, 2: 경기도, 3: 광역시, 4: 기타지역

9) 제27조 2항에 의해 특별시·광역시 및 수도권내의 시지역에서 300세대이상의 주택을 건설하는 주택단지에는 세대당 전용면적이 60제곱미터이하인 경우에는 제1항 규정에 의한 주차장의 10분의 3이상, 60~85㎡인 경우 주차장의 10분의 4이상, 85㎡이상의 전용면적에 대해서는 주차장의 10분의 6이상에 해당하는 주차장을 지하에 설치하도록 하고 있다.

3) 단지규모별 특성

단지규모를 파악할 수 있는 요소는 대지면적이거나 용적율, 세대수 등이나, 앞에서 언급한 바와 같이 단지에서의 부대·복리시설 설치기준은 세대수에 따라 정해지므로 본 연구에서도 세대수에 의해 구분, 그에 따른 특징을 분석하였다. 단지규모별 건폐율, 도로율, 지상주차면적율, 녹지율, 기타면적율의 차이가 있는지를 파악하기 위하여 일원배치 분산분석을 실시하고 LSD방법에 의해 다중비교를 실시하였다. 건축면적, 도로, 지상주차면적은 단지전체의 불투수도 양포장면적을 나타내기 때문에 이들의 합을 불투수도 양포장비율로 계산하여 이들의 차이도 알아보았다.

분석 결과, 단지규모간에 건폐율, 지상주차면적비율, 불투수도양포장비율에서 유의한 차이가 있음을 알 수 있다(표 5). 건폐율에서 1000~2000세대규모의 단지와 2000세대 이상의 단지에서 서로 유의한 차이(유의확률  $p=0.017$ )가 있는 반면, 녹지율에 있어서는 단지규모별 유의한 차이를 찾아볼 수 없었다. 이는 법적으로 300세대 이상에 대해 녹지면적율 30%이상 확보하도록 규정한 결과로 해석 가능하다. 지상주차면적비율은 단지규모별로 각각 차이가 있었다. 500세대이하의 소규모 단지와 중규모단지, 2000세대 이상의 대규모단지간에 지상주차면적 비율이 유의한 차이를 볼 수 있었다(500~1000세대 : 유의확률  $p=0.027$ , 1000~2000세대 : 유의확률  $p=0.028$ ).

단지 전체의 불투수도양포장비율에 대해서는 2000세대 이상의 단지와 300~500세대의 단지와 500~1000세대(유의확률  $p=0.036$ ), 1000~2000세대(유의확률  $p=0.046$ ) 단지간에 유의한 차이를 볼 수 있었다. 단지의 인공지반 대부분을 차지하고 있는 지하주차장의 비율에서는 95% 수준에서 유의한 차이를 볼 수 없으나, 평균값에서 300~500세대(69%)의 단지와 500~1000세대, 1000~2000세대(56.5%), 2000세대이상(76.4%) 단지간에 차이를 알 수 있었다.

표 5. 단지규모별 공동주택단지 특성(일원배치분산분석, LSD다중비교)

종속변수	(I) 단지 규모	(j) 단지 규모	평균차 (I-J)	표준오차	유의확률	95% 신뢰구간	
						하한값	상한값
건폐율	3	4	-8.450	3.462	<b>.017</b>	-15.368	-1.532
지상주차면적비율	1	2	-2.8670	1.2575	<b>.027</b>	-5.3871	-.3468
		3	-3.1933	1.4117	<b>.028</b>	-6.0223	-.3643
	2	4	4.7476	2.0907	<b>.027</b>	.5577	8.9376
불투수도양포장율	1	4	.1575	7.243E-02	<b>.036</b>	1.111E-02	.3039
	2	4	.1264	6.146E-02	<b>.046</b>	2.181E-03	.2506

단지규모 1: 300- 500세대, 2: 500-1000세대, 3: 1000-2000세대, 4: 2000세대 이상

**3.3. 분산식 빗물관리 계획수립을 위한 공간적 조건 해석 결과**

1) 불투수토양포장도

각 단지의 불투수토양포장도는 대지면적에 대한 불투수포장면적의 합으로 불투수포장면을 이루는 구성요소로는 건축면적과 도로면적, 지상주차면적의 합이다<sup>10)</sup>.

$$\text{불투수토양포장도} = \frac{\sum A_B + A_R + A_P}{A_{total}}$$

$A_B$  : 건축면적,  $A_R$  : 도로면적,  $A_P$  : 지상주차면적

불투수포장면일 경우 그 위에 녹지나 투수포장재로 공간을 조성함으로써 빗물의 유출을 줄이고 물순환 기능을 증진시키는 것이 중요하다. 조사된 공동주택단지의 평균 불투수토양포장도는 0.47로서 최소 0.27에서 최대 0.63에 이른다.

표 6. 단지규모별 불투수토양포장율

단지규모	개체수	불투수토양포장율			비고
		평균	최소값	최대값	
300~500세대	4	0.51	0.43	0.63	300~500세대와 2000세대 이상 유의확률 $p=0.036$
500~1000세대	25	0.48	0.28	0.58	
1000~2000세대	13	0.46	0.27	0.62	500~1000세대와 2000세대 이상 유의확률 $p=0.046$
2000세대 이상	2	0.36	0.30	0.42	
합계	44	0.47	0.27	0.63	

개발유형별, 단지위치별 토양포장도의 차이를 파악하기 위하여 일원배치 분산분석을 실시한 결과 유의수준  $\alpha=0.05$ 에서 개발유형별(유의확률  $p=0.261$ ), 단지위치별 (유의확률  $p=0.568$ ) 유의한 차이가 없음을 알 수 있다(표 6). 그러나 규모가 큰 단지(2000세대 이상)와 작은단지(300~500세대이하, 500~1000세대)간에 불투수토양포장도의 유의한 차이가 발견되었다(유의확률  $p=0.036$ ,  $p=0.046$ ).

2) 지반유형별 녹지면적

전국의 82개 단지 중 지반유형별 녹지면적 분석이 가능한 36개 공동주택단지의 도면을 분석한 결과, 평균 자연지반위 녹지율은 전체녹지의 약 67%에 이른다.

세대규모별로 자연지반 녹지율과 인공지반 녹지율의 차이를 분석하기 위하여 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 개발유형, 단지위치, 세대규모에 따라 녹지유형에 유의한 차이가 없음을 알 수 있었다. 그러나 500-1000세대규모의 단지와 1000-2000세대규모의 단지에서 자연지반녹지율과 인공지반녹지율이 매우 유사하게 나왔다(표 7).

10) 좀 더 정확한 불투수포장면적은 이외에도 어린이놀이터나 보도, 휴게소 등 부분적으로 공간도 고려하여 계산되어야 하나 본 연구에서는 이들 값을 제외하고 분석하였다.

표 7. 단지규모에 따른 지반유형별 녹지율

세대규모	단지 수(개)	자연지반 녹지율(%)	인공지반 녹지율(%)	비고
500세대 이하	12	63.7	36.3	자연지반 녹지율 집단간 유의확률 ( $p=0.699$ )
500-1000세대	16	68.3	31.7	
1000-2000세대	4	67.8	32.2	인공지반 녹지율 집단간 유의확률 ( $p=0.6999$ )
2000세대 이상	4	72.3	27.7	
평균	36	67.2	32.8	

3) 다른 토지이용과의 관계

공동주택단지의 인공지반 비율은 개발사업 유형에 따라 유의한 차이가 있음을 알 수 있다(유의확률  $p=0.029$ ). 택지개발사업에 의해 계획된 공동주택단지의 평균 인공지반비율은 약 40%이나 재건축·재개발에 의한 공동주택단지는 약 60%에 이르는 것을 알 수 있었다. 그러나 단지위치, 개발규모에 따라서는 인공지반의 비율에 차이가 없는 것으로 나타났다(표 8).

표 8. 개발유형별 인공지반비율 특성(일원배치 분산분석)

유형	갯수	평균	표준편차	표준오차	평균에 대한 95% 신뢰구간		최소값	최대값
					하한값	상한값		
택지개발사업	14	38.05	11.43	4.32	27.48	48.63	23.40	51.50
재개발·재건축사업	22	57.90	19.77	5.96	44.61	71.18	30.30	92.70
합계	36	50.18	19.37	4.56	40.54	59.81	23.40	92.70

유의확률  $p=0.029$

**3.4. 분석의 종합**

분석결과를 종합하면 아래와 같으며, 이를 토대로 다음과 같은 방향 설정이 가능하다.

첫째, 택지개발사업지구에 계획된 공동주택단지의 경우 인공지반의 비율이 평균 38%로서 재건축단지에 비해 낮다. 이는 자연적인 물순환을 유도할 수 있는 침투시설의 적용가능성이 상대적으로 많음을 알 수 있다. 또한 택지개발사업에 의해 단지를 개발할 경우 단지 내부 뿐 아니라 단지외곽에도 녹지 및 시설설치를 위한 용지확보가 토지이용 계획 단계에서부터 고려될 수 있다. 따라서 단지차원에서 자연적인 물순환 확보를 위한 목적으로 하는 분산식 빗물관리 계획은 택지개발사업 등 신규 개발사업에 의해 개발되는 단지를 대상으로 개발하는 것이 우선적으로 요구된다. 둘째, 재개발, 재건축단지의 경우 인공지반비율이 약 60%이며, 지상부의 이용밀도가 높기 때문에 침투시설 보다는 저류중심의 빗물관리가 가능하다. 그러나 주거환경의 질 개선이나 자연적인 물순환 체계를 위해서는 인공지반위

에 녹지면적을 늘리고 이에 침투, 저류시설을 확대, 적용하는 것이 요구된다.

셋째, 단지위치별로 지상부의 토지이용율이나 지하주차 비율등에 유의한 차이가 없으므로 분산식 빗물관리는 단지의 지역적 위치에 상관없이 적용 가능할 것으로 예상된다.

넷째, 단지규모의 차이에 따라 지상주차 면적비율이나 건폐율, 불투수토양포장율에 유의한 차이가 있음을 알 수 있다. 이러한 요인은 빗물의 토양을 통한 자연침투를 방해하는 요인으로 불투수포장면을 투수포장으로 대체하거나 녹지화 함으로써 이를 제거할 수 있는 잠재력이 다르게 나타나는 것으로 해석 가능하다. 따라서 불투수토양포장율이 큰 소규모단지는 이를 고려한 시설적용이 요구된다.

다섯째, 자연지반위의 녹지 확보는 토양을 거쳐 자연적인 물순환이 이루어지기 위해서는 중요한 사항이다. 그러나 개발유형, 단지위치, 단지규모별로 지반유형별 녹지율에는 유의한 차이가 없음을 알 수 있었다.

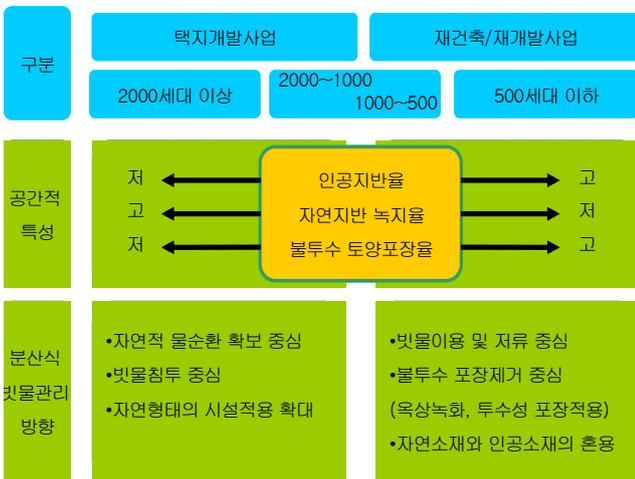


그림 3. 분석결과

#### 4. 결 론

공동주택단지의 공간구조 특성 분석결과, 현재의 개발양상으로 주거지역이 안고 있는 문제점은 높은 불투수면적과 인공지반 확대 등으로 인해 자연적인 물순환이 이루어지지 않는다는 것이다. 결국 개발로 인한 수문환경의 변화를 회복하는 것이 필요하며 이를 실현하기 위한 수단으로 지역 내 침투, 저류를 통한 분산식 빗물관리계획이 요구된다. 이를 해결하는 방안으로 주거지역에서의 강우와 유출, 침투와 증발산간의 자연적인 관계를 회복 또는 유지시킬 수 있도록 계획방향을 설정하였다.

첫째, 투수면을 적극적으로 확보하여 외부로의 영향을 최소화한다. 투수면 확보는 도시환경에서 홍수유출을 제어할 수 있는 요소로서 공간상의 유출계수 변화를 통해 가장 실천적이며 효과적으로 자연적인 물순환을 확보하는 방안이다. 기존주거단지의 경우 불필요한 불투수포장면을 걷어내고 투수포장면으로 대체 조성하거나 녹지화하는 방안이

검토 가능하다. 신개발지역에 주거단지를 조성할 경우에는 계획초기부터 일정 투수면 확보와 불투수포장율을 제한하는 방안도 검토가능하다.

둘째, 우리나라의 연간 강우특성상 강우강도의 차이가 크므로 이를 고려한 빗물관리가 이루어져야 할 것이다. 강우강도가 크지 않은 경우의 유출량은 단지내 침투·저류시설에 의해 처리하고, 일정 강우강도 이상에 대해서는 지역내 저류시설로 유도 또는 안정성 확보를 위해 관거로 유출시키는 것이 필요하다. 이는 평상시의 강우강도에 대해서는 친환경적으로 처리하고자 함이다. 하수관거로 내보내는 양은 미리 계획한 침투·저류시설의 최대 유입률에 의해 결정된다. 따라서 일반적인 하수관망 계획보다 관경의 크기를 적게 할 수 있다는 점에서 경제적 효과가 있다.

셋째, 분산식 빗물관리르 위한 단지내의 적용시설은 빗물의 유출속도를 줄이고 시설설치로 인해 녹지율의 증가나 토양의 활성화, 미기후 개선, 수공간 창출 등의 물순환 회복 및 주거환경 개선효과가 있는 것으로 선정한다. 기존의 빗물침투·저류시설은 지하에 설치하는 인공구조물 형태, 즉 침투측구나 트렌치, 침투통 등이 대부분이다. 그러나 이러한 시설과 함께 자연적인 물순환이 일어날 수 있도록 지표면에 개방된 형태의 개거형 수로, 투수구덩이, 침투·저류연못 등 다양한 시설을 적용하는 것이 바람직하다.

넷째, 신개발지역일 경우에는 계획초기에 분산식 빗물관리를 수립할 수 있도록 토지의 확보가 가능하기 때문에 보다 적극적인 분산식 빗물관리가 가능하다. 새로운 개발지역에는 도시 관망계획 초기부터 지역내의 소규모 물순환을 고려하여 시설계획을 하는 것이 필요하다. 즉, 지붕면에서 유출되는 빗물을 지역내에서 침투, 저류시키는 것은 물론 도로에서 유출되는 빗물 또한 처리장으로 보내는 것이 아니라 지역내에서 지체시키고 정화하여 토양으로 침투시키는 것이 가능하기 때문이다.

본 연구는 공동주택단지를 보다 친환경적으로 개발하기 위한 방안의 하나로 자연적인 물순환 구축을 도모할 수 있는 분산식 빗물관리를 제안하였다. 또한 국내의 개발동향과 공동주택단지의 공간적 특성을 분석함으로써 국내 실정에 맞는 분산식 빗물관리를 수립할 수 있도록 근거를 마련하였다는데에 의의를 갖는다. 앞에서 분석된 결과를 바탕으로 보다 구체적으로 국내 적용가능한 분산식 빗물관리 시설들에 대한 검토 및 개발이 요구된다.

#### 참고문헌

1. Freie und Hansestadt Hamburg Umweltbehoerde(2000), Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung.
2. Landesanstalt fuer Umweltschutz Baden-Wuerttemberg(1994), Flaechenaktivierung im Siedlungsbereich ; Anregungen zur Verbesserung des Naturhaushalts und der Lebensqualitaet. Karlsruhe.
3. Londong, Dieter and Nothnagel, Annette(1999), Bauen mit dem Regenwasser, R.Oldenbourg Industrieverlag Muechen.
4. Mondale, T.(2001), Minnesota Urban Small Sites BMP Manual - Stormwater Best Management Practices for Cold Climates, Metropolitan Council Environmental Services.

5. PGDER(1997), Low Impact Design Manual, Prince George's County Department of Environmental Resources, Maryland.
6. Shaver, E.(2000), Low Impact Design Manual for The Auckland Region, Auckland Regional Council.
7. Sieker, F. et al 4(2002), Naturnahe Regenwasser bewirtschaftung in Siedlungsbereichen, Kontakt & Studium Band 508.
8. Wostl, C. Pahl(2002), "Towards sustainability in the water sector - The importance of human actors and processes of social learning", in Aquatic Sciences Vol.64.
9. UNEP-SNU 빗물연구센터(2002-2005), 빗물모으기 국제워크샵.
10. 국립방재연구소(1998-2000), 우수유출억제시설 설치기법연구 I, II,III
11. 대한주택공사 주택도시연구원(2004), 공동주택단지 내 우수저류, 침투시설 적용을 위한 타당성 조사연구.
12. 서안환경설계연구소(2000), 친환경적 단지조성을 위한 우수관리기술 및 공법 개발연구, 한국건설기술연구원.
13. 서울시정개발연구원(2003), 「서울시 대체용수로서의 빗물활용 방안」
14. 서울대학교(2002),효율적인 생물서식공간 조성기술 개발, 환경부
15. 이태구의(2005), 친환경적 빗물이용시스템 및 기술개발 연구, 산업자원부 · 한국산업기술재단.
16. 한영해 · 양병이 · 이태구(2004), "도시지역에서의 분산식 빗물관리 유형 및 방향설정", 제4회 빗물모으기 국제워크샵.
17. 한영해(2005), 도시 주거지역에서의 분산식 빗물관리 계획모형 개발, 서울대학교 박사논문.
18. 한영해 · 이태구(2005), 분산식 빗물관리에 의한 수문학적 처리목표량 설정, 한국조경학회 2005 춘계 학술논문발표회 논문집.
19. 住宅 · 都市整備公園 建築部 土木課(1967), 雨水流出抑制施設