

도시내 우수관경결정을 위한  
합리식의 유출계수에 관한 조사연구

책임연구원 : 이 재 철

(한국토지공사, 토지연구원)

연 구 원 : 박 공 춘

(한국토지공사, 충북지사)

한 형 근

(한국토지공사, 토지연구원)



## 1. 서론

인간이 자연과 더불어 조화를 이루며 살아온 때로부터 인간의 노력은 자연을 대상으로 꾸준히 진행되어 왔고, 그 결과 현재의 문명사회를 이룩하였으며 육지와 바다 그리고 우주에까지 그 노력의 대상을 확장하고 있다. 인간은 필연적으로 두발을 땅에 딛고 사는 생명체로서, 인간과 땅은 불가분의 관계라 말할 수 있다.

인구증가로 야기되는 여러가지 문제중 토지이용에 대한 문제는 국토가 좁은 우리나라의 경우에 주요한 과제라 할 수 있다. 따라서 국토의 종합적 관리와 토지이용 효율의 증진이란 관점에서 볼 때, 공공기관 또는 민간단체가 개발하여 공급하는 단지에 대한 기본 및 실시설계와 시공 등 일련의 과정은 그 지역의 종합개발에 맞춰 유기적으로 이루어져야 할 것이다. 주택 및 공업단지의 기본 및 실시설계시 우수관거의 규격을 결정하기 위하여 우수유출량을 산출하여야 한다. 이때 국내에서 가장 일반적으로 이용되는 합리식의 기본적인 요소는 유출계수이다. 본연구는 이 유출계수의 산정방법을 개선하기 위하여 도시화에 따른 유출계수의 변화와 특성에 대한 조사, 도시 구역의 유출을 해석하기 위한 모형중 지금까지 국내의 여러기관에서 가장 많이 사용하고 있는 합리식법에 대한 소개와 토지공사가 개발한 단지를 중심으로 단지의 유출계수 적용사례를 검토하고 기개발 완료된 사업지구내 건축된 건축물을 실측조사하였으며, 유출계수의 적용 잘못에 따른 우수관거의 과소단면 시공사례를 조사분석하였다.

### 가. 연구목적

각종 주택 및 공업단지의 기본 및 실시설계를 수행할 경우, 단지내 우수관거의 설계와 단지를 포함한 구역의 효율적인 치수관리 및 쾌적한 주거환경문제 등을 해결하기 위해서는 기본적으로 우수유출량의 산정이 필요하다. 우수유출량을

산정하는 방법은 여러가지가 있으나 합리식법이 지금까지도 많이 이용되고 있다. 이 합리식법으로 설계우수유출량을 산정하는데 기본요소인 공종별 총괄유출계수를 국내의 도시환경에 적합하도록 조사분석하여 국내의 실정에 맞는 적정값제시를 이 연구의 최종목적으로 한다.

#### 나. 연구의 필요성

단지의 개발에 따라 야기되는 도시화 현상으로 인해 수문현상이 변하여 도시유역에는 심각한 홍수피해가 빈번히 발생하고 있다. 특히 도시유역에서 발생하는 각종 수해는 다른 지역에 비해 개발의 정도와 인구집중 등으로 피해액과 피해 규모등이 상대적으로 크다. 또한생활 및 산업폐수, 공장매연, 자동차매연 등 각종 오염원의 증가로 도시하천과 도시생활권에서 발생하는 환경문제 역시 심각한 문제로 대두되고 있다. 인간의 쾌적한 주거환경을 지향하는 단지개발로 토지이용이 고도화되고 나면 우수지의 확보, 우수관거의 제시공, 우수저류시설 확보 등의 치수대책과 도시하천의 건전화 방지, 쾌적한 주거환경의 제공 등과 같은 이수대책을 마련하기가 상대적으로 어렵게 된다. 따라서 단지의 계획과 설계시부터 단지를 포함한 배수유역의 종합적인 치수대책이 필요함에 따라 우수유출량산정을 위한 적정유출계수 산정방법의 개발과 우수관거건설을 위한 적절한 설계기준의 제시는 아무리 강조해도 지나침이 없다 하겠다.

#### 다. 연구방법

본연구에서는 도시화에 따른 수문현상의 변화와 이에 따른 도시유출의 특성을 분석·고찰하며, 도시내 우수유출량 산정시 국내에서 가장 많이 사용하고 있는 합리식의 기본이론과 유출계수에 대하여 분석하였다. 한국토지공사에서 시행한 택지개발사업지구에 적용한 유출계수의 사례들을 수집·정리하고, 적정 유

출계수 산정을 위한 실측치를 근거로 기초공종별 유출계수를 적용하여 각 공종별 총괄유출계수를 결정하였다.

#### 라. 연구결과 활용

현재까지 각기관에서 사용하고 있는 유출계수는 동일한 공종에도 각 사업지구별로 상이한 유출계수를 적용하고 있을 뿐만 아니라 건설부 제정 「하수도시설기준」 과도 상이하게 활용하고 있다. 이러한 적용으로 단지내의 우수관거 결정시 과소관경으로 시공될 경우 침수피해발생과 같은 재해의 중대성 등이 대두되어 우수유출량산정시 유출계수에 대한 좀 더 정확한 해석을 요구하게 되었다. 따라서 기개발 완료된 사업지구에서 측정한 실측자료를 사용하여 공종별 기초유출계수 및 공종구성으로부터 총괄유출계수를 산정함이 필요하다. 이러한 총괄유출계수의 개발로 활용할 수 있는 분야는 다음과 같다. 임의의 단지개발을 계획할 경우 좀 더 정확한 우수유출량을 산출하여 적절한 배수관거설계를 실시할 수 있다. 또한 단지의 정확한 유출해석으로 홍수와 같은 재해를 방지할 수 있을 뿐만 아니라 도시화로 인한 홍수량의 증가와 유출량의 분포변화에 따르는 홍수재해에 대하여 적극적으로 대처하는 우수지의 설계 및 운영과 같은 치수사업에 중요하고도 기본적인 자료를 제공할 수 있다.

## 2. 도시 수문학의 일반사항

### 가. 도시화의 정의

택지개발사업에 의하여 도시화가 진행되거나 진행된 유역은 농촌지역이나 임야지역과 같은 자연유역과 비교하여 인구밀도가 높고 주택, 상가 또는 공공시설물 등이 밀집되어 있으며 도로는 포장되고 우수관로와 오수관로 등의 관개시설은 원활한 통수를 위해 잘 정비된다. 한마디로 도시화는 인구의 증가와 불투수층으로 덮힌 지역의 비율이 증가되는 현상으로 볼 수 있다. 이와같은 변화는 생활용수량을 비롯한 각종 소비수량을 증대시키고 아울러 기후의 변화, 불투수성 면적의 증대, 표면 조도계수의 감소 및 자연보습 수분량의 감소 등과 같은 수문현상의 변화를 초래한다. 따라서 유역내 조도계수가 감소되며 유출계수가 증가하고 수로망 정비 등에 의해 유입시간이 빨라지며 침투홍수량이 증가하게 된다.

### 나. 도시화에 의한 수문현상의 변화

#### 1) 기후의 변화

도시개발은 직접 또는 간접적으로 도시기후를 변화시키는데 직접적인 영향을 주는 경우는 건조물에 의하여 일조와 바람이 차폐되어 기온, 풍속, 풍향 등을 변화시키며 에너지 소모가 많아지면 도시가 하나의 열기관과도 비슷한 기능을 갖게 되어 기온상승 현상도 나온다는 것이다. 간접적인 영향을 주는 경우는 도시지면의 피복상황이 달라지면 열수지와 물의 수지가 달라지게 되며 지면으로부터의 증발량이 감소하게 되어 기온이 높아질 수도 있다. 도시의 기온이 높아지면 서리가 내리는 방식이나 결빙, 잔설 등의 최초 및 최종일자에 변동이 생길 것이다. 동시에 도시기후의 영향을 받아 인근 바다, 호소, 하천 등의 수온이

높아지면 해륙풍, 강바람 등의 모양이 달라지며 도시 안팎의 기온차가 커지면 이른바 도시 특유의 도시바람이 일게 된다.

## 2) 강수현상의 변화

도시에서는 산업체, 가정 등 고정적 발생원과 자동차 등의 이동성 발생원으로부터 방출되는 연기, 배기가스 등 때문에 응결핵의 수가 많은데 더하여 도시 내부에서는 기온이 높아 상승기류가 형성되므로 대류성 구름이 생기게 되며 끝내는 소낙성 강우회수를 증가시킬 가능성이 있는가 하면, 도시의 범위가 커짐에 따라서도 시내의 수증기량이 감소하여 도시지역에서의 강우를 감소시킬 가능성도 있을 것이다. 지금까지의 연구결과로는 일치된 결론을 얻기가 어렵다고 하겠으나 일반적으로 강수량이 증가되는 것으로 연구된 예가 많다.

## 3) 우수저류능력의 저하

저류지역들은 도시화에 따라 택지나 도로, 주차장 등으로 바뀌게 되며 이에 따라 유역의 우수저류력은 크게 저하된다.

## 4) 불침투역의 증대

도시가 개발되면서 지붕이 차지하는 면적이 크게 되고 도로, 주택, 주차장, 쇼핑센터 등이 숲이나 논, 밭 대신에 들어서고 도로, 주차장이 포장됨으로써 빗물은 침투하지 않거나 침투하기 어려워진다. 이와같은 불투수성 지역은 도시화가 됨에 따라 그 비율은 점점 증가하게 된다. 그러므로 도시화는 불투수성 지역의 증가를 가져오고 이는 유출계수가 증가하는 것을 의미하며 유효우량의 증가로 나타난다.

## 5) 지표면 조도의 감소

지표면 평탄작업, 도로건설과 노면포장, 주차장 건설과 주택건설, 배수로나 하수도, 축구의 정비는 빗물의 유하저항인 표면조도를 감소시킨다. 구릉의 산림지가 택지가 되면 사면의 조도는 1/100로 격감된다. 이와같이 지표면의 상태변화에 따라 유출율(강우량과 유출량의 비)은 증가하고 유역에 내린 비의 대부분이 빨리 유출하게 되어 홍수도달시간이 단축되므로 같은 우량이라 할 때 출수

의 최대유량은 도시화 이전에 비해 크게 증대된다. 특히 단시간의 호우를 민감하게 반영한 유출이 형성된다.

#### 6) 생활용수량의 증가

도시화는 도시인구의 증가를 초래하며 인구의 격증은 생활용수를 비롯한 각종 수요수량의 막대한 증가를 초래하여 소비수량을 증대시키고 도시민의 국민소득향상과 함께 1인당 사용량도 증가되어 가고 있다. 이와같이 도시유역은 다량의 물을 필요로 하므로 도시주변의 하천수와 지하수만으로는 부족하고 먼곳에서 도수하는 방향으로 수원개발과 취수계획이 진행되어 가고 있다. 그러므로 도시화 유역은 해당 유역에 내린 강수에 추가하여 주변지역에서 끌어들이는 용수도 함께 처리하게 되므로 도시지역은 자연유역에 비해 유출량의 증가를 가져올 것이 예상된다.

#### 7) 수질오염발생

도시유역은 많은 인구에 의한 물자의 소비 결과로 배출되는 불순물의 격증이라든지 오염 일변도로 치닫는 물과 공기, 그리고 환경오염현상 등은 커다란 공해원이 되고 있다.

### 다. 도시유역의 유출특성

도시화가 진행되고 있는 지역에서 유출의 변화는 다음의 2가지 인자에 주로 기인한다. 첫번째 인자는 집수유역이 불투수성 표면으로 포장되어 간다는 것이다. 즉 지붕, 도로, 보도, 주차장 등이 그 예이며 침투율은 매우 낮다. 이로 인해 유출계수가 증가하여 침투유량과 유출용적이 증가하게 되며 표면 저류용량도 상당히 감소한다. 두번째 인자는 수로의 수리학적 통수능이 증가하는 것이다. 즉, 도시화가 진행되면서 자연하천이 곧게 개수되며 수심도 깊어지고 수로벽이 라이닝된다. 또한 하수관거와 각종 배수시설이 설치되어 수로에서 유속이 빨라지기 때문에 침투유출 도달시간이 빨라지게되며 불투수성 표면의 증가와 수리



학적 통수능의 증가로 인하여 유출총량과 침투유출율이 증가하게 된다. 따라서 강우에 의한 유출량이 도시구역의 하류지점에 일시에 많은 양이 집중하게 되며 자연하천일 때보다 침투유출량의 도달시간도 빨라진다. 식생피복의 변화는 토양의 침투능에 영향을 주며 토지이용의 변화는 유출량과 도달시간에 중요한 영향을 끼치게 된다. 따라서 토지이용의 변화가 주는 영향을 다음과 같이 분류할 수 있다. 즉, (1) 침투유출특성의 변화 (2) 총유출량의 변화 (3) 수질의 변화 (4) 자연경관의 변화 등이다.

### 3. 도시유출해석

#### 가. 도시유출해석의 기본개념

도시유역의 유출과정은 강우가 개시되면서 시작하여 차단, 증발, 증산, 침투, 저류, 표면유출 등으로 해당 유역출구를 떠날 때 끝나며 이때 지면에 내린 강우는 증발산, 침투, 저류 등의 손실량을 뺀 초과강수량에 의해 표면유출이 이루어진다. 표면유출이 시작되면 물의 일부는 표면저류 형태로 남게 되는데 일반적으로 자연유역이 도시유역보다 표면저류량이 더 많게 되며 이 표면저류량이 충족된 후 표면유출이 이루어진다. 표면저류량의 형태나 크기는 다양하여 유출에서는 단지 그 전체량만을 고려할 수 밖에 없다.

강우가 유출되는데는 크게 3개의 과정을 고려할 수 있는데 침투, 표면저류, 표면유출이 그것이다. 한 유역으로부터 유출량 또는 유출수문곡선을 모의 또는 합성하는데 가장 큰 문제점은 위의 3개 과정으로 물이 어떻게 분배되는가를 결정하는 것이다.

도시유출유역은 유역의 대부분이 불투수지역이며 자연수로는 물론 포장된 수로나 관로를 지닌다는 것이 일반 자연유역과 다르다. 즉, 기본적인 유출과정은 자연상태의 유역이나 도시화 유역이나 대동소이하다. 그러나 도시지역은 불투수면적이 크므로 투수지역이 대부분인 자연상태의 유출현상과는 특성이 다르다. 그러므로 도시화가 일부만 이루어진 유역에서는 투수지역과 불투수지역의 고려사항을 각각 적용하여 유출량을 결정하는 것이 필요하게 된다. 도시유출모형은 입력으로서의 강우로부터 출력으로서의 유출에 이르기까지 모든 물리적 현상을 양으로 표시하려는 노력에 의하여 특징지어진다. 이러한 절차는 다음과 같다.

- 1) 설계호우 산정
- 2) 초과강우량 산정을 위한 손실량 추정
- 3) 지표면 유출방정식에 의한 관거로의 유입량 결정
- 4) 하수관거에서의 추적
- 5) 유출곡선 결정

얻어진 결과의 정확도는 손실량을 결정하는 정확도와 가정의 타당성에 주된 영향을 받는다. 대부분의 도시유출모형은 단일 호우사상에 대해서만 취급하지만 컴퓨터의 발달로 인하여 여러 호우의 연속시물레이션으로 발전해 가는 추세이다.

#### 나. 합리식법(The Rational Method)

##### 1) 기본원리

우리나라에서는 지금까지 단지개발시 우수관거 설계를 위한 도시유출해석방법으로 합리식을 많이 사용하고 있다. 합리식에 의한 유출량 계산의 기본원리는 지속강우강도 아래에서 최대유출은 유출점 상류의 전지역이 유출에 기여할 때 유역출구점에서 일어난다는 것이다. 이 도달시간의 개념은 1851년에 T.J. Mulvany에 의해 도입되었다. 1889년에 Emil Kuichling은 유출량과 강우강도와 의 관계, 유역의 크기와 도달시간 등과의 관계를 규명하여 합리식으로 제시하였다. 이 식이 발표된 이래 도달시간( $t_c$ ), 유출계수(C)와 강우강도(I) 등에 관한 좀더 정확한 추정을 위한 연구가 계속되어 왔다. 이중 강우강도에 관한 연구는 강우강도(I)-지속시간(D)-빈도(F)관계식 등의 개발로 인해 어느정도 정확한 규명이 가능했지만 다른 변수는 상대적으로 성공적인 규명을 실시하지 못하였다. 그러나 도표나 관계식의 형태로 여러 변수들을 추정하는 방법들이 개발되었고 가장 최근의 개발로써는 합리식을 사용하여 임의지점에 수문곡선을 작성하는 방

법 등도 운용되고 있다.

## 2) 관계식

합리식법은 유역내 발생한 호우의 강도(Rainfall intensity)와 침투유출량간의 관계를 나타내는 가장 대표적인 경험공식으로 다음과 같이 표시된다.

$$Qp = 0.2778 CIA$$

가) 침투유출량( $m^3/sec$ )

$Qp$  는 임의 재현기간  $T$ 에 해당하는 침투유출량이다.

나) 유출계수

$C$ 는 유출계수로서 유역면적의 크기나 유역내 토양의 종류, 식생피복특성 및 토지이용상태에 따라 결정되며 대체로 유역의 침투율에 반비례하는 상수로서 침투홍수량을 계산하는데 매우 중요한 변수이다. 특히 합리식에서는 강우강도와 유역면적을 제외한 모든 제반 사항들이 유출계수로 나타내지므로 유출계수의 선정에는 많은 경험이 필요하고 매우 신중을 기하여야 한다. 유출계수는 그 분포가 매우 크며 실측자료로 부터 결정한 것이어서 미국 등에서도 이 계수를 적용한 후 그 유역내 수문관측에 의한 실측자료를 사용하여 적용된 계수를 검증함으로써 좀 더 정확한 유출량을 산정할 수 있도록 하고 있다.

유출계수는 보통 표로 정리되어 활용하고 있는데 각 기관에서 발표한 표마다 다소 차이가 있다. 토지이용만을 고려한 것도 있고 토지이용, 토양종류, 경사, 선행강우조건과 재현기간 등을 변수로 하여 정리한 것도 있다. 따라서 사용자마다 이용하는 표의 종류에 의해  $C$ 값은 매우 크게 달라질 수 있는 것이다. R. L. Rossmiller는 1982년 ASCE의 Proceedings of conference on stormwater detention facilities에서  $C$ 값의 변화정도가 100%까지 달라질 수 있다고 발표하였다. 많은 사람들은  $C$ 값을 일정한 값으로 가정한다. 그러나 Schaka, Geyer와 Knapp 등은 유출계수  $C$ 가 재현기간이 증가함에 따라 변화가 있다고 발표하였다. 즉, 강우와 유출의 관계에서 강우량이 증가하면 유출계수가 시간에 따라 변화한다는 것이다.

다) 강우강도(mm/hr)

강우강도 I는 해당 유역의 유달시간  $t_p(\text{min})$ 를 강우지속시간으로 하였을 때의 확률강우강도로서 유역에 따라 분석된 강우강도(I)-지속시간(D)-재현기간(F)의 관계로부터 결정되며 이로부터 결정된 홍수량은 강우강도와 동일한 재현기간을 갖는 확률홍수량으로 취급된다.

라) 유역면적( $Km^2$ )

유역은 일반적으로 서로 다른 성격을 가진 소구역들로 구분될 수 있다. 구성 각 소구역의 면적을  $A_j$ 로 표시하고 대응되는 구역의 유출계수를  $C_j$ 로 표시하면 다음과 같다.

$$Qb = 0.2778 I \sum C_j A_j$$

여기서  $A = \sum A_j$ 이며 비록 유역을 몇 개의 소구간으로 분할한다 할지라도 모든 구간에 대하여 같은 강우강도가 적용된다는 것을 의미한다.

3) 기본 가정사항

- 가) 계산된 침투유출의 빈도 혹은 재현기간은 설계호우의 빈도 또는 재현기간과 같다.
- 나) 강우강도는 지속시간에 대하여 일정하며 해석하려는 유역에 대하여 공간적으로 균등하다.
- 다) 유출계수는 호우사상동안 변하지 않는다.
- 라) 침투유출율과 관계있는 강우지속시간은 유역의 도달시간과 같다.

4) 장점 및 문제점

가) 장점

- (1) 설계홍수량을 산정할 때 매우 신속하고 간편한 방법이다.
- (2) 단순한 도시호우 배수시스템에 매우 유용하다.

나) 문제점

- (1) 유출계수 C 값의 선택이 주관적이다.
- (2) 강우는 전 지역에 걸쳐 균등하다는 가정사항이 불합리하다.
- (3) 강우총량 및 선행강우지수에 관계없이 일정한 유출계수를 적용함에 문제가 있다.

#### 4. 각국 하수도 시설기준상의 유출계수

##### 가. 국내

국내에서는 각기관별로 기준을 설정하여 사용하는 사례도 있으나 대부분 건설교통부에서 제정한 하수도시설기준이나 하천시설기준을 사용하고 있어 이 두 기준을 중심으로 정리하였다.

##### 1) 하수도 시설기준 (건설교통부 제정)

###### 가) 용어의 정의

유출계수(RUNOFF COEFFICIENT)란 강우량 중에서 수로, 관거내 등으로 유출하는 우수량의 비율을 말한다.

###### 나) 유출계수의 산정

유출계수는 공종별 기초유출계수 및 공종구성으로부터 총괄유출계수를 구하는 것을 원칙으로 한다.

총괄유출계수의 산정식은 다음과 같다.

$$C = \sum_{i=1}^m C_i \cdot A_i / \sum_{i=1}^m A_i$$

여기서 C : 총괄유출계수

$C_i$  : i 공종의 기초유출계수

$A_i$  : i 공종의 총면적

m : 공종의 수

공종은 크게 나누면 침투역 및 불침투역의 2가지가 있으며 전자는 토질이나 식생 등에 의해, 후자는 관거와의 접촉정도에 의해서 유출계수가 달라진다. 따

라서 공종은 다시 세분화되며 세분화된 기초공종의 유출계수를 기초유출계수라 부르며, 여러가지 사실을 실제적으로 고려한 공종별 기초유출계수의 표준치는 다음 [표 1]과 같다.

[표 1] 공종별 기초유출계수의 표준치

공 종	유 출 계 수	공 종	유 출 계 수
지 붕	0.85 ~ 0.95	공 지	0.10 ~ 0.30
도 로	0.80 ~ 0.90	잔디, 수목이 많은 공원	0.05 ~ 0.25
기타 불투수면	0.75 ~ 0.85	경사가 완만한 산지	0.20 ~ 0.40
수 면	1.00	경사가 급한 산지	0.40 ~ 0.60

공종구성은 불침투역에 대하여 용도지역별 건폐율, 도로율 및 포장율 등에 의해 엄밀하게 결정될 수 있다. 총괄유출계수의 산정식은 이와같은 엄밀한 공종 구성을 기초로 하여 모든 기초공종으로부터의 유출을 합하여 구하는 유출계수로서 다음 [표 2]와 같으며 안전하게 사용할 수 있다.

[표 2] 공종별 총괄계수의 표준치

공 종	총 괄 유 출 계 수
단지내에 공지가 아주 적은 상업지역 또는 택지지역	0.80
침투면의 야외작업장, 공지를 약간 가지고 있는 공장지역 또는 정원이 약간 있는 주택지역	0.65
주택 및 공업단지 등의 중급주택지 또는 독립주택이 많은 지역	0.50
정원이 많은 고급주택지나 밭 등이 일부 남아 있는 교외지역	0.35



최대계획우수유출량의 산정은 원칙적으로 합리식에 의하는 것으로 한다.  
 단, 충분한 실적에 의하는 경우에는 실험식에 의해도 좋다.

$$Q = \frac{1}{360} C \cdot I \cdot A$$

여기서 Q = 최대계획우수유출량(  $m^3/S$  )

C = 유출계수

I = 유달시간(t) 내의 강우강도(mm/h)

$I = a / (t + b)^n$  단, a, b, m, n은 정수

합리식은 계획대상지역의 도시계획이나 강우특성 등을 정확히 계산과정에 포함시켜서 절대적은 아니나 최대계획우수유출량의 산정에 많이 사용되고 있다.

## 2) 하천시설기준 (건설교통부 제정)

도시하천유역의 홍수유출계산방법에 대한 기준을 다음과 같이 제시하고 있다.

### 가) 개설

도시하천유역은 대부분의 경우 유역면적이 작고 도시개발에 따른 불투수면의 증가로 인해 자연하천유역에 비해 홍수유출용적이 증대되며 침투홍수량은 그 크기가 커지고 발생시각도 빨라지는 특성을 가진다.

### 나) 합리식

#### (1) 개설

합리식은 소규모 하천 또는 도시하천유역의 배수시설 설계를 위한 침투홍수량을 계산하는 방법으로 널리 사용되고 있는 단순홍수량 공식중의 하나로서 저

류효과를 고려할 필요가 없는 소규모의 유역에 국한하여 사용한다.

(2) 침투홍수량의 계산

$$Qp = \frac{1}{360} C \cdot I \cdot A = 0.002778 C \cdot I \cdot A$$

여기서  $Qp$  : 침투홍수량( $m^3/sec$ )

$C$  : 유출계수

$I$  : 홍수도달시간을 강우지속시간으로 하는 특정발생빈도의 강우 강도(mm/hr)

$A$  : 유역면적(ha)

(3) 합리식에 사용되는 유출계수

유출계수는 유역의 형상, 지표면 피복상태, 식생 피복상태 및 개발상황 등을 감안하여 결정하는 것으로 다음 [표 3]의 값을 계획의 표준으로 한다.

[표 3] 합리식에 사용되는 유출계수

공	종	유출계수
시가지, 주택지역(도시계획구역에서 시가지구역 포함)		0.70~0.80
밭, 평야		0.60~0.70
논		0.70~0.75
산지		0.75~0.80

일반적으로 유출계수의 값에 대해서는 특히 유역의 개발로 인하여 큰 변화를 받는 일이 많다. 따라서 계획치로 채용하는 유출계수는 개수시점에서 예상되는 개발계획 등을 고려해 둘 필요가 있다.

나. 미국

1) 합리식의 유출계수

미국토목학회에서 추천하는 합리식의 유출계수는 다음 [표 4]와 같다.

2) 재현기간에 따른 C 값의 조정

재현기간에 따라 유출계수를 조정하도록 하고 있으며, 이 조정계수를 재현기간별로 나타내면 다음 [표 5]와 같다.

[표 4] ASCE 추천 유출계수

토 지 이 용 상 태	유 출 계 수
상업 지역 :	
중심 상업 지역	0.70 ~ 0.95
주변 상업 지역	0.50 ~ 0.70
주거 지역 :	
단독 주택 지역	0.30 ~ 0.50
다세대 주택 (분산 (밀집))	0.40 ~ 0.60 0.60 ~ 0.75
교외 주택 지역	0.25 ~ 0.40
아파트 주거 지역	0.50 ~ 0.70
공업 지역 :	
밀집 공업 지역	0.60 ~ 0.90
기타 공업 지역	0.50 ~ 0.80
공원, 공동묘지	0.10 ~ 0.25
늘 이 터	0.20 ~ 0.35
철도역 지구	0.20 ~ 0.40
미개발 지구	0.10 ~ 0.30
도 로 :	
아스팔트 포장	0.70 ~ 0.95
콘크리트 포장	0.80 ~ 0.95
벽돌 포장	0.70 ~ 0.85
보 도	0.75 ~ 0.85
지 붕	0.75 ~ 0.95
잔 디	
사 질 토, 평지 ( 2% )	0.05 ~ 0.10
완경사 ( 2 ~ 7% )	0.10 ~ 0.15
급경사 ( 7% )	0.15 ~ 0.20
기타토질, 평지 ( 2% )	0.13 ~ 0.17
완경사 ( 2 ~ 7% )	0.18 ~ 0.22
급경사 ( 7% )	0.25 ~ 0.35
농 정 지 :	
나 지	
평탄지역	0.30 ~ 0.60
굴곡지역	0.20 ~ 0.50
경 작 지	
사 질 토 (재배중)	0.10 ~ 0.25
(무경작)	0.20 ~ 0.40
기타토질 (재배중)	0.20 ~ 0.50
(무경작)	0.30 ~ 0.60
목 초 지	
사 질 토	0.05 ~ 0.25
기타토질	0.15 ~ 0.45
삼 립	0.05 ~ 0.25

※ 넓은 유역에서는 낮은 값을, 가파른 유역에서는 높은 값을 적용.

[표 5] 재현기간에 따른 유출계수의 조정계수

재 현 기 간 (년)	조 정 계 수
2 ~ 10	1.0
25	1.1
50	1.2
100	1.25

다. 일본

1) 지구별 유출계수

일본의 수도협회에서 발간한 하수도시설기준에 의한 지구별 유출계수는 다음 [표 6]과 같다.

[표 6] 지구별 유출계수 표준값

구 분				유 출 계 수
상	업	지	구	0.60 ~ 0.70
공	업	지	구	0.40 ~ 0.60
주	택	지	구	0.30 ~ 0.50
공	원	지	구	0.10 ~ 0.20

## 5. 사업지구별 적용 유출계수

### 가. 유출계수 적용현황

조사대상으로 선정한 26개 사업지구의 우수유출량 산정시 적용한 합리식의 유출계수현황을 용도별로 나타내면 다음 [표 7]과 같다.

### 나. 기적용 유출계수에 대한 분석

1) 용도별 총괄유출계수가 사업지구별로 상이하다.

2) 단독주택지의 경우 0.50~0.65를 적용하고 있으나 단독주택이 보편적으로 건축물을 제외한 공지를 콘크리트 등으로 포장하여 우수가 거의 대부분 관거를 통하여 배제되고 있는 것을 감안할 때 유출계수를 과소하게 설계에 적용하고 있는 것으로 판단된다

3) 공동주택지의 경우에는 0.50 ~ 0.70을 적용하고 있으나 공동주택은 개발계획승인시 용적율이 명시되어 있으며 지자체의 조례에 따른 녹지율이 결정되어 있으므로, 공중구성의 파악이 용이한 바, 기초유출계수에 의한 총괄유출계수의 산정이 가능할 것으로 판단된다.

4) 근린생활시설용지 및 상업용지는 2개지구를 제외하고는 0.80을 적용하고 있어 유출계수에 대한 문제는 없는 것으로 판단된다.

5) 공원은 종류의 구분없이 0.15 ~ 0.40을 적용하고 있으나 현황보존지가 비교적 많은 근린공원과 시설물이 많이 설치되는 어린이공원을 동일하게 적용하는 것은 기초유출계수의 수치로 볼 때 차이가 있을 것으로 판단된다.

6) 학교는 0.25 ~ 0.60까지 가장 폭넓게 적용되고 있는 바, 교사 건물 및 운동장 비율을 감안 하여 결정하여야 할 것으로 판단된다.

7) 도로는 3개 지구가 0.80 ~ 0.90을 적용하였으나 이는 적용상의 오류로 판단된다.

[표 7] 용도별 유출계수 적용현황

지구명	단독	공동	근린생활	상업	공원	학교	도로	공용의 청사	공장	지원시설	기타
하남신장	0.60	0.60	0.80	0.80	0.40	0.40	0.85	0.80			
구리교문	0.60	0.60	-	0.80	0.30	0.25	0.85	-			
고양중산	0.50	0.65	0.80	0.80	0.35	0.50	0.85	0.65			
일산	0.50	0.65	0.80	0.80	0.25	-	-	-			
용인수지1	0.50	0.50	-	0.80	0.20	-	-	-			
기흥구갈	0.50	0.60	-	-	0.20	0.50	0.85	0.50			
평택비전1	0.50	0.65	-	0.80	0.30	-	0.85	-			
속초청초	0.50	0.60	0.50	0.80	0.20	0.35	0.85	0.50			
속초조양	0.50	0.60	0.80	0.80	0.20	0.50	0.85	0.50			
청주용암1	0.60	0.60	0.80	0.80	0.30	0.60	0.80	0.80			
청주봉명2	0.60	0.60	0.60	-	0.25	0.35	0.80	-			
충주금릉	0.65	0.70	0.80	0.80	0.40	0.60	0.85	0.60			
김재요촌	0.50	0.65	0.80	0.80	0.15	0.50	0.85	-			
광주첨단	0.65	0.65	-	0.80	0.40	0.50	0.85	-			
대구성서	0.50	0.60	-	0.80	0.40	0.40	0.85	0.50			
대구칠곡	0.50	0.50	0.80	0.80	0.40	-	-	-			
울산삼호	0.50	0.65	0.80	-	0.20	0.40	0.85	-			
울산화봉	0.50	0.65	0.80	0.80	0.20	0.50	0.85	0.80			
양산북경	0.50	0.65	0.80	-	0.20	0.40	0.85	0.50			
김해내외	0.65	0.70	-	0.70	0.40	0.60	0.85	0.65			
거제장평	0.50	0.65	0.80	0.80	0.30	-	0.85	0.50			
제주일도	0.50	0.65	0.80	-	0.40	0.35	0.85	0.80			
서귀포서호	0.50	0.50	-	0.80	0.20	0.40	0.85	0.50			
신평장림									0.65	0.65	
동해북평									0.65	0.65	0.65 (배수지, 오수 중계펌프장)
군산공단									0.65	0.65	0.35~0.65 (하수종말처리 장, 폐기물 매립장)
26개 지구	0.54	0.62	0.77	0.79	0.30	0.45	0.85	0.61	0.65	0.65	0.65

8) 공용의 청사 및 종교용지는 0.50 ~ 0.80을 적용하고 있으나 대규모 청사를 제외하고는 녹지가 거의 없는 상태이므로 유출계수가 상당히 커질 것으로 판단된다.

9) 공업단지내에서는 용도와 관계없이 대부분 0.65를 적용하고 있으나 부대시설용지에 대한 값을 별도로 결정하여야 할 것을 판단된다.

## 6. 적정한 유출계수 산정을 위한 조사

### 가. 기본방향

1) 적정한 유출계수 산정을 위하여 주택단지는 각 지사별로 2개지구를 선정하여 '91년이후 건축허가된 건축물을 대상으로 단독주택 10필지, 공동주택 2필지, 어린이공원, 학교, 공용의 청사 및 종교용지를 실측하고 공업단지는 공장용지 3필지(블럭), 지원시설용지 2필지(블럭) 그리고 기타용지로 하수종말처리장, 수도시설, 오수중계펌프장, 폐기물매립장, 전기공급시설, 열공급시설, 가스공급시설, 소각장용지를 실측하여 기초유출계수에 의한 총괄유출계수를 구한 후 이를 평균한 유출계수를 해당 공종의 총괄유출계수로 결정한다.

2) 사업지구별 유출계수중 실제유출계수와 차이가 없다고 판단되거나 공종별 기초 유출계수의 직접 적용이 가능한 근린생활시설용지, 상업용지 및 도로와 근린공원에 대하여는 아래 [표 8]의 값으로 결정하고 조사대상에서 제외한다.

[표 8] 공종별 확정 총괄유출계수

공 종	총괄유출계수	공 종	총괄유출계수
근린생활 시설용지	0.80	도 로	0.85
상 업 용 지	0.80	근 름 공 원	0.30

### 나. 조사방법

- 1) 대상사업지구 : 26개 지구(23개 주택단지, 3개 공업단지)
- 2) 총괄유출계수 산정방법

#### 가) 단독주택

$$\text{진폐율} \times \text{지붕유출계수} + \text{녹지율} \times \text{공원유출계수} + \text{기타} \times \text{불투수면유출}$$



$$\text{계수} = \text{건폐율} \times 0.90 + \text{녹지율} \times 0.15 + \text{기타} \times 0.80$$

나) 공동주택

$$\begin{aligned} & (1) \text{건폐율} \times \text{지붕유출계수} + \text{녹지율} \times \text{공원유출계수} + \text{포장율} \times \text{도로유출계수} \\ & + \text{기타} \times \text{불투수면유출계수} \end{aligned}$$

$$= \text{건폐율} \times 0.90 + \text{녹지율} \times 0.15 + \text{포장율} \times 0.85 + \text{기타} \times 0.80$$

(2) 공동주택지의 공종구성에 대한 면적비율은 '91 토개공 발행 「단지조성에 관한 연구 (건축시 잔토발생에 따른 단지계획고 관계를 중심으로)」에 수록된 건축면적, 녹지면적, 포장면적, 기타면적비율에 따른다.

(가) 건축면적 : 대지면적  $\times$  건폐율

(나) 녹지면적 : 대지면적  $\times$  조경율

(다) 포장면적 : 대지면적 - 건축면적 - 녹지면적 - 기타면적

(라) 기타면적 : 산정이 곤란할 경우 부지면적의 10%를 적용

다) 어린이공원

$$\begin{aligned} & \text{건폐율(화장실 등)} \times \text{지붕유출계수} + \text{조경율} \times \text{공원유출계수} + \text{포장율} \times \text{도로} \\ & \text{유출계수} + \text{기타(모래사장 등)} \times \text{공지유출계수} \end{aligned}$$

$$= \text{건폐율} \times 0.90 + \text{조경율} \times 0.15 + \text{포장율} \times 0.85 + \text{기타} \times 0.20$$

라) 학교

$$\begin{aligned} & \text{건폐율} \times \text{지붕유출계수} + \text{조경율} \times \text{공원 유출계수} + \text{포장율} \times \text{도로유출계수} \\ & + \text{운동장} \times \text{공지유출계수} \end{aligned}$$

$$= \text{건폐율} \times 0.90 + \text{조경율} \times 0.15 + \text{포장율} \times 0.85 + \text{운동장} \times 0.20$$

마) 공용의 청사, 종교용지

$$\begin{aligned} & \text{건폐율} \times \text{지붕유출계수} + \text{녹지율} \times \text{공원유출계수} + \text{포장율} \times \text{도로유출계수} \\ & + \text{기타} \times \text{불투수면유출계수} \\ & = \text{건폐율} \times 0.90 + \text{녹지율} \times 0.15 + \text{포장율} \times 0.85 + \text{기타} \times 0.80 \end{aligned}$$

바) 공장용지, 지원시설용지 및 기타용지

$$\begin{aligned} & \text{건폐율} \times \text{지붕유출계수} + \text{녹지율} \times \text{공원유출계수} + \text{포장율} \times \text{도로유출계수} \\ & + \text{기타} \times \text{불투수면유출계수} \\ & = \text{건폐율} \times 0.90 + \text{녹지율} \times 0.15 + \text{포장율} \times 0.85 + \text{기타} \times 0.80 \end{aligned}$$

다. 조사결과

26개 대상사업지구에 대하여 위와같이 용도별 유출계수를 조사하여 정리하였다. 주택단지의 결과를 나타내면 다음 [표 9]와 같다.

[표 9] 용도별 유출계수 조사결과

지 구 명	단 독	공 동	어린이 공 원	학 교	공용의 청 사	종 용 교 지	비 고
고양 화정	-	0.64	-	-	-	-	
울산 삼호2	0.86	0.63	0.43	0.32	-	-	
부천 중동	0.84	0.60	-	0.38	0.70	-	
인천 연수	0.82	0.61	-	0.51	0.82	-	
수원 원천	0.84	0.66	0.34	0.28	0.78	-	
평택 비전1	0.85	0.59	-	-	0.71	-	
춘천 퇴계	0.79	0.63	-	0.28	-	-	
춘천 석사	0.78	0.72	0.43	-	0.81	-	
대전 둔산	0.81	0.65	-	0.47	0.81	-	
전주 삼천	0.66	0.64	-	0.46	0.76	0.63	
김제 요촌	-	0.68	-	-	0.72	-	
광주 하남	0.74	0.65	-	0.29	0.87	-	
광주 쌍촌	0.71	0.64	-	0.28	0.79	-	
대구 성서	-	0.64	-	-	-	-	
대구 칠곡	0.83	-	0.48	0.39	0.62	-	
김해 어방	0.84	0.71	0.41	0.32	0.80	0.80	
거제 장평	0.84	0.71	0.35	-	-	0.77	
제주 일도	0.82	0.66	-	-	-	-	
삼척 정라	0.74	-	0.37	-	-	-	
동해 북평	0.81	-	-	-	-	-	
분 당	0.81	0.61	0.41	0.43	0.63	0.74	
일 산	0.78	0.62	0.47	0.34	0.74	0.80	
통일 동산	0.78	-	-	-	-	-	
23개 지구	0.80	0.65	0.41	0.36	0.75	0.75	

※공업단지내 용도별 유출계수에 대한 조사결과는 다음 [표 10]과 같다.

[표 10] 공업단지내 용도별 유출계수 조사결과

지 구 명	공장용지	지원시설	배수지	오수중계 펌프장	하수종말 처리장	폐기물 매립장	비 고
신평장림	0.67	0.80	-	-	-	-	
동해북평	0.78	0.83	0.22	0.22	-	-	
군산공단	0.66	-	-	-	0.27	0.74	
3개지구 (면적가중평균)	0.67	0.80	0.22	0.22	0.27	0.74	

## 7. 조사결과에 대한 분석

### 가. 기적용 유출계수와의 비교

1) 12개 지사, 3개 사업단에서 사업완료한 지구중 실제로 '91년 이후 건축허가된 건축물을 대상으로 26개 지구 280필지에 대하여 공종별 기초유출계수에 의한 실제 면적을 측정하여 구한 공종구성비로부터 총괄유출계수를 산정한 결과 아래 표와 같은 총괄유출계수를 얻을 수 있었다.

2) 단독주택지의 경우 유출계수가 0.50~0.65로써 평균 0.54를 적용한 것으로 조사되었으나 실측결과 앞에서 분석했던 바와 같이 0.80으로 나타나 사업지구 중 단독주택지가 차지하는 비율이 높은 사업 지구는 단지전체 평균유출계수가 크게 증가될 것으로 판단된다.

3) 공동주택지의 경우 유출계수는 0.50~0.70의 중간값인 0.65에 가까운 값을 나타내고 있어 이를 평균적으로 사용하여도 되나, 공동주택 건설을 위한 개발계획승인시 확정되는 용적율을 근거로 건축면적을 산출하고 해당 지자체의 조경율에 대한 조례를 기준으로 녹지면적을 산출함으로써 공동주택지의 유출계수를 산정함이 바람직하다.

4) 학교의 경우는 가장 폭넓게 유출계수(0.25~0.60)를 적용하였으나 운동장이 차지하는 비율이 크기 때문에 기적용 유출계수보다 작은 값으로 나타났다.

5) 공업단지내 공장용지의 경우는 설계에 적용하고 있는 0.65보다 조금 큰 0.67이나 상용관을 사용할 때 관경이 불연속적이므로 현행 0.65 값을 사용하여도 지장이 없을 것으로 판단된다.

6) 공업단지내 지원시설용지의 경우 자료의 표본수가 적어 본연구에서 산정된 값을 표준적인 대표값으로 간주할 수는 없지만, 본조사에서 산정된 0.80은 지금까지 설계에서 사용하고 있는 0.65보다 상당히 큰 값을 보이고 있어, 차후 지원시설용지에 대한 유출계수 적용시 유의하여야 할 것으로 사료되며, 향후 이

에 대한 보다 많은 표본수의 선정과 자료분석으로 보다 신뢰성있는 결과를 도출하여야 할 것이다.

7) 공업단지내 기타시설용지 중 폐기물매립장의 경우는 실측에 의한 값이 0.74로 설계에서 적용하고 있는 0.35~0.65보다 매우 크게 나타나 이에 대한 적용시 주의하여야 할 것으로 판단되고 배수지, 오수중계펌프장 및 하수종말처리장은 실측치가 설계치보다 매우 작게 나타나 보다 경제적인 설계를 위하여 이에 대한 검토가 필요하다고 생각된다.

#### 8) 유출계수 비교

조사대상 사업지구의 기적용 유출계수와 조사결과 얻은 변경 유출계수를 비교하여 나타내면 [표 11]과 같다.

### 나. 경제성 분석

주택단지 2개지구를 선정한 후 기존의 유출계수를 적용하여 단지의 평균유출계수를 구하고 이 수치를 이용하여 산정한 수리계산을 근거로 관경별 우수관연장과 공사비를 산출한 후 실측치에 의해 산정한 유출계수를 이용한 수리계산과의 결과를 비교하여 보면 다음과 같다.

[표 11] 용도별 유출계수의 비교

공 종	기적용 유출계수	변경 유출계수
단 독 주 택	0.50~0.65	0.80
공 동 주 택	0.50~0.70	0.65
근 린 생 활	0.50~0.80	0.80
상 업 용 지	0.70~0.80	0.80
도 로	0.80~0.85	0.85
어 린이 공 원	0.15~0.40	0.45
근 린 공 원	0.15~0.40	0.30
학 교	0.25~0.60	0.40
공 용 의 청 사	0.50~0.80	0.75
종 교 용 지	0.50~0.80	0.75
공 장 용 지	0.65	0.67
지 원 시 설 용 지	0.65	0.80
배 수 지	0.65	0.22
오 수 중 계 펌 프 장	0.65	0.22
하 수 종 말 처 리 장	0.65	0.27
폐 기 물 매 립 장	0.35~0.65	0.74

1) A지구

가) 면적 : 1,408,500m<sup>2</sup>(426,071평)

나) 기존 평균유출계수

A지구의 우수유출량을 산정하기 위하여 합리식을 사용하였고, 합리식의 유출계수를 기존의 용도별 유출계수를 이용하여 산정하면 다음 [표 12]와 같다.

[표 12] 기존 평균유출계수 산정

구 분		면적(m <sup>2</sup> )	기존유출계수	면적×유출계수
계		1,408,500.0		
주택 용지	소 계	611,592.0		
	단 독	260,702.0	0.50	260,702×0.50=130,351
	공 동	333,485.0	0.65	333,485×0.65=216,765
	근린생활시설	17,405.0	0.80	17,405×0.80= 13,924
상 업 용 지		12,599.0	0.80	12,599×0.80= 10,079
준주거 용지		11,758.0	0.80	11,758×0.80= 9,406
업무시설용지		6,679.0	0.65	6,679×0.65= 4,341
공 공 시 설 용 지	소 계	768,872.0		
	도 로	346,941.0	0.80	346,941×0.85=277,553
	주 차 장	8,067.0	0.80	8,067×0.85= 6,454
	공 원	281,268.0	0.40	281,268×0.45=112,507
	녹 지	69,701.0	0.40	69,701×0.40= 27,880
	공용의 청사	1,631.0	0.65	1,631×0.65= 1,060
	교 육 시 설	41,338.0	0.65	41,338×0.65= 26,868
	체 육 시 설	3,910.0	0.65	3,910×0.65= 2,542
	종 교 시 설	4,890.0	0.50	4,890×0.50= 2,445
	가 압 장	900.0	0.50	900×0.50= 450
	오수펌프장	940.0	0.50	940×0.50= 470
	주 유 소	1,716.0	0.80	1,716×0.80= 1,373
	공 공 공 지	4,572.0	0.40	4,572×0.40= 1,829
	지구의 공원		68,500.0	0.40
지구의 공동		97,000.0	0.65	97,000×0.65= 63,050
총 계		1,574,000.0		936,747

$$\Delta \text{ 평균유출계수} = \frac{936.747}{1,574,000} = 0.60$$

다) 변경 평균유출계수

동일 지구에 대하여 본연구의 조사결과에 의한 용도별 변경유출계수를 적용하여 변경 평균유출계수를 산정하면 다음 [표 13]과 같다.

[표 13] 변경 유출계수의 산정

구 분		면적(m <sup>2</sup> )	기존유출계수	면적×유출계수
계		1,408,500.0		
주택 용지	소 계	611,592.0		
	단 독	260,702.0	0.80	260,702×0.80=208,562
	공 동	333,485.0	0.65	333,485×0.65=216,765
	근린생활시설	17,405.0	0.80	17,405×0.80= 13,924
상업용지		12,599.0	0.80	12,599×0.80= 10,079
준주거용지		11,758.0	0.80	11,758×0.80= 9,406
업무시설용지		6,679.0	0.80	6,679×0.80= 5,343
소 계		768,872.0		
공 공	도 로	346,941.0	0.85	346,941×0.85=294,900
	주 차 장	8,067.0	0.85	8,067×0.85= 6,857
시 설	공 원	281,268.0	0.45	281,268×0.45=126,571
	녹 지	69,701.0	0.30	69,701×0.30= 20,910
용 지	공용의 청사	1,631.0	0.75	1,631×0.75= 1,223
	교 육 시 설	41,338.0	0.40	41,338×0.40= 16,535
	체 육 시 설	3,910.0	0.75	3,910×0.75= 2,933
지	종 교 시 설	4,890.0	0.75	4,890×0.75= 3,668
	가 압 장	900.0	0.75	900×0.75= 675
	오수펌프장	940.0	0.75	940×0.75= 705
지	주 유 소	1,716.0	0.80	1,716×0.80= 1,373
	공 공 공 지	4,572.0	0.20	4,572×0.20= 914
지구외 공원		68,500.0	0.50	68,500×0.50= 34,250
지구외 공동		97,000.0	0.65	97,000×0.65= 63,050
총 계		1,574,000.0		1,038,643

$$\Delta \text{ 평균유출계수} = \frac{1,038,643}{1,574,000} = 0.66$$

라) 유출계수 변경에 따른 우수관거 공사비 비교

기존 유출계수를 본연구에서 조사된 유출계수로 변경하여 설계할 때의 우수관거 공사비를 비교하여 나타내면 다음 [표 14]와 같다.



[표 14] 유출계수 변경에 따른 우수관거 공사비 비교  
(단위 : 천원)

관 경	단위	변 경		기 준		차 액
		수 량	공사비	수 량	공사비	
			347,98		368,83	
			2		4	
			82,959		75,541	
D 450m/m	M	11,715	99,323	12,417	89,796	
D 500m/m	"	2,371	44,867	2,159	41,688	
D 600m/m	"	2,199	113,65	1,988	116,24	
D 700m/m	"	762	1	708	1	
D 800m/m	"	1,580	95,117	1,616	113,32	
D 900m/m	"	1,071	123,89	1,276	4	
D 1,000m/m	"	1,151	3	1,210	130,24	
D 1,100m/m	"	583	73,659	150	4	
D 1,200m/m	"	157	23,600	113	9,389	
1.5m × 1.5m	"	1,595	425,49	1,786	16,986	
2.0m × 1.5m	"	239	8	-	476,45	
2.0m × 2.0m	"	331	76,830	331	1	
2.5m × 2.0m	"	112	123,19	152	-	
2.5m × 2.5m	"	40	2	-	123,19	
			53,979		2	
			22,640		73,257	
					-	
계			1,707,1		1,634,9	72,247
			90		43	

※ 공사비는 토공 및 운반비를 제외한 순공사비임.

2) B지구

가) 면적 : 575,282m' (174,057명)

나) 기존 평균유출계수

B지구의 우수유출량을 산정하기 위하여 합리식을 사용하였고, 합리식의 유출계수를 기존의 용도별 유출계수를 이용하여 산정하면 다음 [표 15]와 같다.

[표 15] 기존 평균유출계수의 산정

구 분		면 적 (㎡)	기존유출계수	면적 × 유 출 계 수
계		575,282.0		
주택 용 지	소 계	266,732.0		
	단 독	135,884.0	0.50	135,844 × 0.50 = 67.942
	공 동	130,848.0	0.65	130,848 × 0.65 = 85.051
상 업 용 지		17,065.0	0.80	17,065 × 0.80 = 13.652
공 공 용 지	소 계	291,485.0		
	도 로	174,092.0	0.85	174,092 × 0.85 = 147.978
	공 원	11,909.0	0.15	11,909 × 0.15 = 1.786
	녹 지	66,739.0	0.15	66,739 × 0.15 = 10.010
	공용의 청사	11,200.0	0.50	11,200 × 0.50 = 5.600
	학 교	27,545.0	0.50	27,545 × 0.50 = 13.773
계		575,282.0		345.793

$$\Delta \text{ 평균 유출계수} = \frac{345.793}{575,282} = 0.60$$

다) 변경 평균 유출계수

동일 지구에 대하여 본연구의 조사결과에 의한 용도별 변경유출계수를 적용하여 변경 평균유출계수를 산정하면 다음 [표 16]과 같다.

[표 16] 변경 평균유출계수의 산정

구 분		면 적 (㎡)	기존유출계수	면적 × 유 출 계 수
계		575,282.0		
주 택 용 지	소 계	266,732.0		
	단 독	135,884.0	0.80	135,844×0.80 = 108.707
	공 동	130,848.0	0.65	130,848×0.65 = 85.051
상 업 용 지		17,065.0	0.80	17,065×0.80 = 13.652
공 공 용 지	소 계	291,485.0		
	도 로	174,092.0	0.85	174,092×0.85 = 147.978
	공 원	11,909.0	0.45	11,909×0.45 = 5.359
	녹 지	66,739.0	0.30	66,739×0.30 = 20.022
	공용의 청사	11,200.0	0.75	11,200×0.75 = 8.400
	학 교	27,545.0	0.40	27,545×0.40 = 11.018
계		575,282.0		400.187

$$\Delta \text{ 평균 유출계수} = \frac{400.187}{575,282} = 0.70$$

라) 유출계수 변경에 따른 우수관거 공사비 비교

기존 유출계수를 본연구 조사결과에 따라 변경할 경우의 우수관거 공사비를 비교하여 나타내면 다음 [표 17]과 같다.

마) 결과 분석

위의 [표 12]~[표 17]을 살펴보면 A지구는 유출계수가 0.60에서 0.66으로 변하면서 대체적으로 커다란 문제는 발생하지 않을 것으로 보이나 D = 1,100m/m의 구간과 말구부분에서 통수단면적이 특히 부족할 것으로 예상되며, B지구의 경우에는 유출계수가 0.66에서 0.70으로 변하였듯이 A지구에 비하여 훨씬 심각한 통수단면적의 부족을 야기할 것으로 판단된다. 또한 공사비는 면적이 큰 A지구의 경우 약 4%가 증가되는 것으로 나타났으나 그보다 면적이 작은 B지구가 오히려 약 15%의 증가를 가져오는 것으로 볼 때 사업지구의 면적보다는 토지이용상태에 지대한 영향을 받는 것을 알 수 있다.

[표 17] 유출계수 변경에 따른 우수관거 공사비 비교  
(단위 : 천원)

관 경	단위	변 경		기 존		차 액
		수 량	공사비	수 량	공사비	
D 450m/m	M	9,432	280,168	9,543	283,465	
D 500m/m	"	325	11,371	882	30,864	
D 600m/m	"	806	36,406	277	12,512	
D 700m/m	"	236	13,896	203	11,953	
D 800m/m	"	207	14,890	295	21,220	
D 900m/m	"	399	35,436	423	37,567	
D 1,000m/m	"	279	30,031	127	13,670	
D 1,100m/m	"	66	8,339	491	62,035	
D 1,200m/m	"	491	73,808	252	37,881	
1.5m×1.5m	"	372	99,241	120	32,013	
2.0m×2.0m	"	-	-	10	3,722	
2.5m×2.0m	"	10	4,820	388	186,999	
2@2.0×2.0	"	648	441,641	386	263,076	
2@2.5×2.0	"	253	207,535	385	315,814	
2@2.5×2.5	"	258	289,024	-	-	
계		236	1,546,606		1,312,791	235,815

※ 공사비는 토공 및 운반비를 제외한 순공사비임

## 8. 결론

도시화가 이루어지면 일반적으로 연평균 기온은 1℃정도 증가하며, 상대습도는 2~8% 감소하고 강수량은 5~10% 증가하는 등의 기상변화가 있는 것으로 알려져 있다. 이와같이 도시화는 유역에서의 물 이동에 큰 변화를 가져다 주는데 동일강우의 경우에도 토지이용변화에 따른 유출계수가 증가하여 침투유량과 총유출량이 증가하게 되며 유출속도가 증가하여 침투유량 발생시간이 감소하고 기저시간이 감소하는 등 유량수문곡선이 현저히 변화하게 된다.

도시화가 유출에 미치는 이러한 변화들은 도시지역에서의 홍수재해라는 측면에서 그 양의 변화를 검토해 보는 것이 필요하게 된다.

현재 토지공사뿐만이 아니라 국내에는 토지이용실태에 대한 실측조사에 의하여 유출계수를 산정한 예가 없는 실정으로 이러한 측면에서 본연구는 26개 지구, 280필지의 단독주택지, 공동주택지, 어린이공원, 학교, 공용의 청사 및 종교용지, 공장용지, 지원시설용지, 배수지, 오수중계펌프장, 하수종말처리장, 폐기물매립장 등에 대한 실제 토지이용상태를 조사하여 적절한 총괄유출계수를 도출해 보려고 노력하였다.

연구결과 도출된 용도별 총괄유출계수는 단독주택지 0.80, 공동주택지 0.65, 어린이공원 0.45, 학교 0.40, 공용의 청사 0.75, 종교용지 0.75, 공업단지내의 공장용지 0.65, 지원시설용지 0.80이다. 공업단지내의 배수지와 오수중계펌프장, 하수종말처리장, 폐기물매립장의 경우는 자료수가 부족하여 결론으로 도출하지는 아니하였으나 향후 이에 대한 조사연구가 필요하다는 사실을 입증할 수 있었다.

이번 연구로 얻어진 총괄유출계수는 확정적인 수치라기 보다는 하나의 표준

치로써 건축법의 개정이나 주택정책의 변경 및 주거형태의 변화에 따라 유출계수는 계속 변할 것으로 예상되는 바, 지속적인 조사와 연구로써 적절한 유출계수가 얻어질 수 있도록 항상 발전시켜 나가야 할 것이다.

## 참고문헌

하수도시설기준, 건설부, 1992

하천시설기준, 건설부, 1993

신토목설계 데이터북, 한국이공학사, 신토목설계 편집위원회 역, 1983

상·하수도 설계시공핸드북, 정우문화사, 상·하수도 기술개발연구회 역, 1984

상·하수도 공학, 동화기술, 양상현, 1988

하남신장지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1990

구리교문지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1987

용인수지지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1991

기흥구갈지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1989

평택비전(1)지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1989

청주용암지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1991

충주금릉지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1992

김제요촌지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1991

대구성서지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1991

대구칠곡지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1988

울산삼호지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1987

울산화봉지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1990

양산북정지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1990

김해내외지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1992

거제장평지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1990

제주일도지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1990

서귀포서호지구 기본 및 실시설계 보고서, 한국토지개발공사, 1989

동해북평국가공단 기본 및 실시설계보고서, 한국토지개발공사, 1990

군장국가공단 기본 및 실시설계보고서, 한국토지개발공사, 1991

도시내 소규모단지의 우수유출량 산정기법에 관한 연구, 한국토지개발공사,  
1989