

# 지역별 강우분포를 고려한 블록포장지역의 유출계수 산정에 관한 연구<sup>†</sup>

강신권 · 김태균

진주산업대학교 조경학과

## A Study on a Runoff Coefficient of Block Paved Area with Considering Regional Rainfall Distribution

Kang, Shin-Kweon · Kim, Tae-Gyun

Dept. of Landscape Architecture, Jinju National University

### ABSTRACT

The runoff coefficient for a block paved area is determined with regional rainfall distribution. The Rational Method is a basic equation of a drainage system design and is a function of runoff coefficient, rainfall intensity and area. A runoff coefficient is the ratio of rainfall intensity and runoff. The rainfall intensity which is a function of the return period and rainfall duration differs by region. Therefore the runoff coefficient varies regionally even though there is the same return period and rainfall duration. The ratio of rainfall intensity and rainfall duration is decided by the loss of rainfall. The constant infiltration capacity of Horton's equation is adopted to determine the loss of rainfall.

As time passed, the joint of the block paved area through which the infiltration occurs is covered by pollution material, sandy dust, pollen and is hardened by foot pressure, so the constant infiltration capacity may decrease.

Six different sites were selected to verify the assumption of the constant infiltration capacity decrease and 10 year return period. 10, 20, and 30 minute rainfall duration were applied to calculate rainfall intensity.

The results indicate that the Horton's constant infiltration capacity decreases over time and the minimum constant infiltration capacity is selected to compute runoff coefficients. The runoff coefficients varied by region ranging from 0.94~0.84 for 10 minute of rainfall duration.

*Key Words: Rational Method, Infiltration Capacity, Rainfall Intensity, Rainfall Duration*

### 국문초록

합리식은 배수시설을 설계하기 위한 기본방정식으로 이용되고 있으며, 유출계수, 강우강도와 유역면적의 함수이다. 본 연구에서는 조경공간의 배수시설설계에 이용되는 합리식의 유출계수를 블록포장지역을 대상으로 지역적 강우분포를 고려하여 산정하였다.

합리식의 유출계수는 강우강도와 유출량의 비로 나타낼 수 있다. 강우강도는 재현기간과 강우지속기간의 함수로,

<sup>†</sup>: 본 논문은 진주산업대학교 기성회 연구비 지원 사업으로 수행된 연구입니다.

**Corresponding author:** Tae-Gyun Kim, Dept. of Landscape Architecture, Jinju National University, Jinju, Gyeongnam 660-750, Korea, Tel.: +82-55-751-3306, E-mail: tgkim@jinju.ac.kr

강우의 특성상 지역에 따라 변한다. 따라서 합리식의 유출계수는 동일한 재현기간과 강우지속기간일지라도 지역에 따라 강우강도가 변하므로 지역에 따라 변한다.

또한, 강우강도와 유출량의 비는 강우량에 대한 손실량에 따라 결정되므로, 손실량을 산정하기 위하여 본 연구에서는 Horton의 침투법칙 중 중기침투능을 이용하였다. 블록포장지역의 침투는 줄눈을 통하여 발생하며, 줄눈은 시간이 지남에 따라 황사, 오염물질, 꽃가루 등에 의하여 공극이 메워지고, 답압 등에 의하여 다져질 것이므로, 침투능은 감소할 것이다.

시공연한이 다른 6개 지역의 블록포장지역을 대상으로 Horton의 중기침투능을 산정하여 시간이 지남에 따라 침투능이 감소하는 것을 확인하였고, 지역별 재현기간 10년에 대한 강우지속기간 10, 20 및 30분에 해당하는 강우강도를 선정하여, 합리식의 유출계수를 산정하였다. 본 연구의 결과로, 산정된 블록포장지역의 유출계수 범위는 재현기간 10년, 강우지속기간 10분의 경우 지역에 따라 0.94~0.84의 범위를 가진다.

주제어: 합리식, 침투능, 강우강도, 강우지속기간

## I. 서론

산업화, 도시화의 결과 발생한 녹지와 오픈스페이스의 감소 현상으로 인해 도시환경을 유지하기 위한 기본요소로서 도시 공원이 설계 및 시공되고 있으며, 도시공원에 대한 관심은 근린공원, 쌈지공원과 같이 비교적 작은 면적을 가지는 공원에서부터 서울숲, 여의도공원, 월드컵공원, 울산대공원과 같은 대규모 공원으로까지 다양한 크기로 조성되고 있다. 근린공원과 달리 대규모 공원들은 토목, 건축 시설물이 다수 설치되며, 이들 요소에 대한 설계는 많은 경우, 토목 또는 건축 전문가에 의하여 이루어지고 있는 실정이다.

본 연구에서는 소규모공원뿐 아니라, 대규모 공원 조성 시 필수적인 공원시설중 하나인 배수시설의 침투홍수량(Peak Discharge) 산정방법인 합리식의 유출계수를, 최근 광장, 보도 등의 포장에 많이 이용되는 블록포장에 대하여 산정하였다. 각종 도시시설물의 배수량 산정에 지침이 되는 하수도시설기준(환경부, 2005)에 블록포장에 대한 유출계수를 언급하지 않고 있으며, 이와 유사한 시설로서 도로의 경우 0.8~0.9, 기타 불투수면은 0.75~0.85의 범위를 가지는 것으로 나타나 있다. 또는, 공원 전체의 유출계수를 잔디, 수목이 많은 공원으로 한정하여 0.05~0.25의 범위를 가지는 것으로 나타나 있다. 따라서 시설물이 비교적 많고, 다양한 포장으로 조성된 넓은 광장을 가진 공원의 배수시설 설계를 위한 유출계수를 산정할 필요가 있다.

## II. 연구동향

Mulvaney(1850년)에 의해 제안된 합리식은 유역면적, 강우강도, 유출계수만을 이용하여 유역의 침투홍수량을 산정하는 모형으로, 모형의 구성만을 고려할 때 가장 간단하고 편리하게 적용할 수 있는 확정론적 모형(Deterministic Model)이다.

합리식의 유출계수는 토지이용상태 등에 따라 달라지며, 환경부(2005)의 기준에서는 지붕, 포장종류, 수목 등 토지이용상태별 기초 유출계수와 특정지역의 도시화 정도, 산지의 경사 등에 따른 토지이용별 총괄유출계수의 표준값을 표 1, 2와 같이 제시하고 있다.

유출계수에 대한 연구는 합리식이 발표된 초기에 집중적으로 이루어졌으며, 주로 하천설계 및 하수도 설계와 관련하여 토목분야에서 연구되었다. Honer와 Flynt(1936)는 도시유역 유출계수산정을 위한 방법을 제시하였고, 김지호 등(2004)과 French(김지호 논문에서 재인용, 1974)에 의하여 자연유역 및 산지지역까지 확대되었다.

표 1, 2에서 알 수 있는 바와 같이 유출계수에 대한 연구는

표 1. 토지이용도별 기초유출계수의 표준값

| 표면형태    | 유출계수      | 표면형태          | 유출계수      |
|---------|-----------|---------------|-----------|
| 지붕      | 0.85~0.95 | 공지            | 0.10~0.30 |
| 도로      | 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 |
| 수면      | 1.00      | 경사가 급한 산지     | 0.40~0.60 |

자료: 환경부, 2005

표 2. 토지이용도별 총괄유출계수의 표준값

| 토지이용도  | 총괄유출계수 |
|--|--------|
| 부지내에 공지가 아주 적은 상업지역 또는 유사한 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 공공 주택지나 밭 등이 일부 남아 있는 교외지역                | 0.35   |

자료: 환경부, 2005

유역면적(배수면적)이 비교적 큰 유역에 치중되었으며, 포장종류별 유출계수와 같은 기초유출계수에 대한 연구는 부족한 편이다.

합리식의 침투홍수량을 결정하는 또 다른 문제는 설계강우강도를 결정하는 것으로 일반적으로 통계학적 기법을 이용하여 결정되어진다. 설계강우강도의 결정은 강우의 재현기간, 강우지속시간과 관계되며, 재현기간이 커질수록 설계강우강도는 커지고, 강우지속시간이 길어질수록 설계강우강도는 작아지며, 이들 관계는 비선형관계를 가진다. 건설교통부(2000)에서는 수문자료의 관리를 위한 연구 중 일부로 확률강우량을 지역별, 강우지속시간별로 산정하였다.

합리식의 유출계수를 산정하기 위하여서는 포장지역의 침투량을 산정하여야 하며, 침투량 산정방법은 Horton경험공식, NRCS (National Resources Conservation Service) 초과우량산정방법, Philip 공식, Holtan 공식 등이 있으나, 이중 작은 면적에서도 침투량을 산정할 수 있는 방법은 Horton 경험공식이 유일하다. Horton 경험공식은 강우 시 지면의 시간당 침투량, 즉, 침투능은 시간의 함수로 나타낼 수 있으며, 시간이 지남에 따라 침투능은 감소하는 것으로 가정하였으며, Blake 등(1968)은 침투와 관련된 자료를 추정하고 최소자승법을 이용하여 Horton 침투식의 매개변수를 추정하였고, Rawls 등(1976)은 토양형별로 매개변수를 추정하기도 하였다. 유주환(2006)은 Horton 침투식의 유역대표 매개변수를 추정하였다.

### III. 연구방법

#### 1. 합리식(Rational Method)

합리식은 유역면적, 강우강도, 유출계수만을 이용하여 유역의 침투홍수량을 산정하는 모형으로, 다음과 같은 식으로 나타난다.

$$Q(T) = \frac{1}{3.6} C(T)I(t_c, T)A \quad (식 1)$$

여기서  $Q(T)$ 는 재현기간  $T$ 년에 해당하는 유역의 침투홍수량( $m^3/sec$ ),  $C(T)$ 는 재현기간  $T$ 년에 해당하는 강우 시 유역의 유출계수,  $I(t_c, T)$ 는 유역의 집중시간(time of concentration)이  $t_c$ 이고, 재현기간이  $T$ 년인 강우강도( $mm/hr$ ),  $A$ 는 유역면적( $km^2$ )이다.

식 1로 나타나는 합리식의 기본적인 가정은 다음과 같다(윤용남, 2007). "일정한 강도의 강우가 불투수면에 내리면 불투수면으로부터의 단위면적당 유출량은 점차 증가하여 강우강도와 동일하게 되어 평형상태(equilibrium condition)에 도달하게 된다."

합리식의 가정에서 알 수 있는 바와 같이, 손실량과 관련된 유역의 토지이용상태는 불투수면으로 가정하였으나, 실제 대부분의 유역에서 유역 전부가 불투수면을 가지는 경우는 거의 없

으므로, 유출계수( $C$ )를 이용하여 손실량을 고려한다.

따라서 유출계수는 유역에 내린 강우의 손실량을 고려하여 강우량에 대한 유출량의 비로서 결정되어지고, 식 1에서 알 수 있는 바와 같이 합리식의 침투홍수량을 산정하기 위한 강우강도는 재현기간( $T$ ) 및 집중시간( $t_c$ )에 따라 달라지므로, 유출계수를 결정하기 위하여서는 재현기간( $T$ ) 및 집중시간( $t_c$ )에 영향을 받는 강우강도( $I$ )와 손실량을 결정하여 산정할 수 있다.

#### 2. 손실량

수문학에서 강우의 손실량은 크게 초기손실량, 증발산량 및 침투량 등으로 구분하고 있으며, 초기손실량은 지면에 떨어진 우량 중 침투나 지표면유출량과 같이 직접 또는 간접적으로 하천으로 흘러들어가지 못하고 증발되는 우량으로, 주로 강우초기에 발생하며, 마른 대지, 각종 포장지역, 시설물, 수목 등을 적시거나, 지면의 형태에 따라 흘러가지 못하고 차단되어 증발하는 손실량이다. 식 1로 나타나는 합리식의 침투홍수량은 강우가 일정시간 지속되어 집중시간( $t_c$ )를 초과한 후에 발생하므로, 초기손실은 무시하여도 된다. 또 강우 시 증발산량은 무시할 정도로 작다(윤용남, 2007).

따라서 손실량은 침투량에 의하여 좌우되며, 본 연구에서는 침투량에 의한 손실량을 산정하기 위하여 Horton의 침투이론을 이용하기로 한다.

Horton은 강우 시 침투능이 처음에는 초기침투능  $f_0$ 로 시작하다 종국에는 종기침투능  $f_c$ 로 지수함수적으로 감소한다는 것을 가정하고 다음과 같은 식을 제시하였다.

$$f_p(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (식 2)$$

여기서  $f_p(t)$ 는 시간  $t$ 에서의 침투능( $mm/h$ ),  $f_c$ 는 종기침투능( $mm/h$ ),  $f_0$ 는 초기침투능( $mm/h$ ),  $k$ 는 감소상수( $1/hr$ ),  $t$ 는 강우시작부터 소요된 시간( $hr$ )이다. Horton 침투이론에 의한 시간에 따른 침투능 변화는 그림 1과 같이 나타난다.

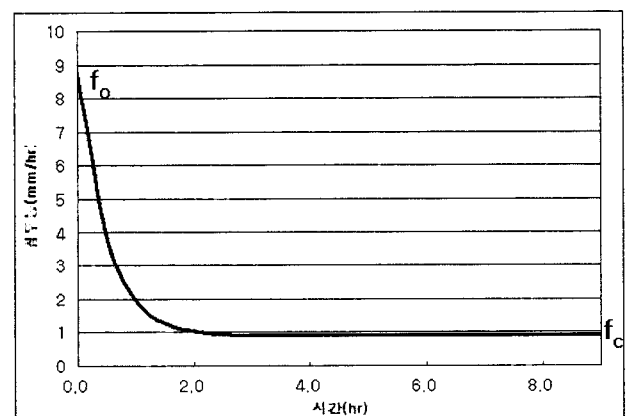


그림 1. Horton의 침투능곡선

식 2에서 증기침투능  $f_c$ 와 시간에 따라 변하는  $(f_0 - f_c)e^{-kt}$  두 부분으로 구성되며, 강우시작 초기  $t=0$  에서는  $f_p(0) = f_0$  가 되고 강우가 오랫동안 계속되면  $f_p(t) = f_c$ 가 됨을 알 수 있다. 즉, 특정시간 이후에는 침투능이 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다.

합리식에서 산정하는 침투홍수량은 침투가 가장 작을 때 발생하므로, Horton의 침투능이 최소(증기침투능,  $f_c$ )일 때 유출계수가 최대 침투홍수량을 유발한다.

### 3. 강우강도(I)

합리식에서 침투홍수량을 산정하기 위하여 이용되는 강우강도는 재현기간 ( $T$ , return period)과 집중시간( $t_c$ )에 따라 결정되어지며, 일반적으로 다음과 같은 형태로 주어진다.

$$I(T, t) = \frac{kT^x}{t^n} \quad (\text{식 3})$$

여기서  $I(T, t)$ 는 재현기간  $T$ , 강우지속시간  $t$ 인 강우강도이고,  $k, x, n$ 은 지역에 따른 상수이다.

식 3에서 알 수 있는 바와 같이, 강우특성상 동일한 재현기간, 지속기간을 가진 강우강도라도  $k, x, n$ 이 지역에 따라 달라 나타나므로 지역에 따라 달라지며, 유출계수 역시 강우강도가 다르므로 지역에 따라 달라진다.

도시시설물의 배수시설 설계에 이용되는 “하수도시설기준, 한국수도협회, 2005”에서는 재현기간을 5~10년을 원칙으로 하고 있으며, 강우지속기간은 표 3과 같이 결정하도록 권장하고 있다.

표 3의 우리나라 설계기준은 도시지역의 하수관로를 대상으로 하므로, 인구밀도가 높은 지역, 낮은 지역 및 관거의 종류에 따라 구분하고 있으며, 미국 토목학회 기준은 개발정도를 기준으로 하고 있다.

설계강우강도 산정을 위한 재현기간 및 강우지속기간은 10년과 10, 20, 30분으로 결정하였다. 강우지속기간의 경우는 표 3에서 우리나라 기준의 지선 우수관거가 7~10분이며, 평지의 주택지구가 20~30분이므로, 10, 20, 30분으로 지속기간을 결정

할 경우 대부분의 기준을 만족할 수 있기 때문이다. 또 재현기간을 10년으로 결정한 것은 식 3과 같은 형태의 강우강도식이 전국 모든 지역에 대하여 나타나 있지 않기 때문에 현실적으로 지속기간 5분에 대하여서는 구하기 어렵다. 본 연구에서는 재현기간별 지속기간별 강우강도자료를 건설교통부(2000)의 연구결과를 이용하였으며 표 4에 나타나 있다.

### 4. 유출계수의 산정 및 실험 절차

전술한 바와 같이 유출계수는 설계강우강도와 시간당 침투량을 나타내는 침투능의 관계로부터 산출할 수 있다. 이때 설계강우강도는 재현기간과 강우지속기간의 합수로 나타나며, 본 연구에서는 건설교통부(2000)의 자료를 이용하여 재현기간 10년, 강우지속기간 10, 20, 30분에 대한 각 지역별 강우강도를 설계강우강도로 이용하기로 한다. 침투능은 Horton의 증기침투능을 이용하기로 하며, 설계강우강도와 증기침투능을 이용한 유출계수 산정방법은 다음의 식 4와 같다.

$$\text{유출계수} = \frac{\text{설계강우강도} - \text{손실량(증기침투능)}}{\text{설계강우강도}} \quad (\text{식 4})$$

#### 1) Horton의 증기침투능 결정

Horton의 증기침투능을 결정하기 위한 침투능 실험은 flooding형 침투계를 이용하였고, flooding형 침투계는 2개의 동심원으로 이루어진 침투계로 제원은 내경 150mm, 외경 290mm의 투명아크릴로 제작하였다. Flooding형 침투계가 2개의 동심원으로 설계된 것은 침투계 외부에 있는 건조토양에 의한 단효과(End Effect)를 최소화하기 위한 것이다.

Flooding형 침투계의 높이는 25cm로 하였으며, 내부에 눈금자를 부착하여, 침투로 인한 수위변화를 쉽게 관측할 수 있도록 하였다. 일반적으로 토양의 침투는 Darcy의 침투법칙을 따르며, 토양의 투수계수와 수두의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 즉, 같은 투수계수를 가진 토양이라도 수두가 큰 경우에는 더 많은 침투가 일어난다. 그러나 강우시 지표면을 흐르는 유출량은 수두가 거의 없는 판상흐름(sheet flow)이므로,

표 3. 강우지속기간 표준값

| 우리나라에서 일반적으로 사용되는 유입시간 |       | 미국토목학회               |        |
|------------------------|-------|----------------------|--------|
| 인구밀도가 큰 지역             | 5분    | 완전포장 및 하수도가 완비된 밀집지구 | 5분     |
| 인구밀도가 작은 지역            | 10분   |                      |        |
| 간선 우수관거                | 5분    | 비교적 경사도가 작은 발전지구     | 10~15분 |
| 지선 우수관거                | 7~10분 |                      |        |
| 평균                     | 7분    | 평지의 주택지구             | 20~30분 |

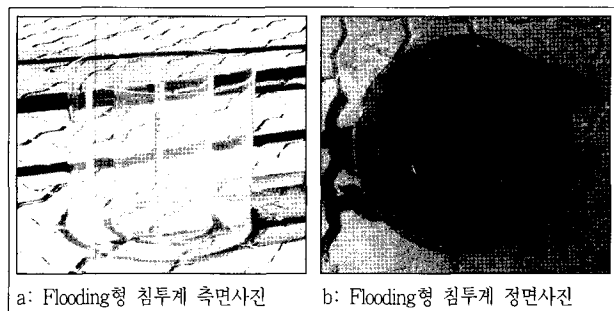


그림 2. 소형 고압블록의 침투실험

표 4. 지역별 지속기간별 강우량, 강우강도(재현기간 10년)

| 지역     | 지속기간별 강우량(mm) |      |      | 지속기간별 강우강도(mm/hr) |       |       | 지역  | 지속기간별 강우량(mm) |      |      | 지속기간별 강우강도(mm/hr) |       |       |
|--------|---------------|------|------|-------------------|-------|-------|-----|---------------|------|------|-------------------|-------|-------|
|        | 10분           | 20분  | 30분  | 10분               | 20분   | 30분   |     | 10분           | 20분  | 30분  | 10분               | 20분   | 30분   |
| 진주     | 19.7          | 30.8 | 42.7 | 118.2             | 92.4  | 85.4  | 이천  | 21.6          | 32.3 | 40.0 | 129.6             | 96.9  | 80.0  |
| 서울     | 25.0          | 37.9 | 48.9 | 150.0             | 113.7 | 97.8  | 인제  | 22.4          | 31.6 | 37.4 | 134.4             | 94.8  | 74.8  |
| 부산     | 22.4          | 34.3 | 44.5 | 134.4             | 102.9 | 89.0  | 홍천  | 19.9          | 31.7 | 39.6 | 119.4             | 95.1  | 79.2  |
| 인천     | 20.8          | 33.5 | 43.8 | 124.8             | 100.5 | 87.6  | 태백  | 14.3          | 24.1 | 32.5 | 85.8              | 72.3  | 65.0  |
| 대구     | 19.8          | 30.9 | 38.3 | 118.8             | 92.7  | 76.6  | 제천  | 23.3          | 34.4 | 42.5 | 139.8             | 103.2 | 85.0  |
| 대전     | 19.8          | 30.9 | 38.3 | 118.8             | 92.7  | 76.6  | 충주  | 19.9          | 32.1 | 41.5 | 119.4             | 96.3  | 83.0  |
| 광주     | 20.3          | 31.0 | 39.8 | 121.8             | 93.0  | 79.6  | 보은  | 21.5          | 30.0 | 38.3 | 129.0             | 90.0  | 76.6  |
| 울산     | 18.3          | 29.2 | 38.7 | 109.8             | 87.6  | 77.4  | 아산  | 21.4          | 31.3 | 40.1 | 128.4             | 93.9  | 80.2  |
| 속초     | 13.2          | 21.8 | 28.0 | 79.2              | 65.4  | 56.0  | 보령  | 20.6          | 34.7 | 45.4 | 123.6             | 104.1 | 90.8  |
| 철원     | 16.9          | 24.2 | 33.1 | 101.4             | 72.6  | 66.2  | 부여  | 25.7          | 38.3 | 50.6 | 154.2             | 114.9 | 101.2 |
| 대관령    | 14.4          | 20.8 | 27.0 | 86.4              | 62.4  | 54.0  | 금산  | 16.5          | 26.5 | 34.8 | 99.0              | 79.5  | 69.6  |
| 춘천     | 19.6          | 29.4 | 35.6 | 117.6             | 88.2  | 71.2  | 부안  | 33.5          | 45.1 | 53.0 | 201.0             | 135.3 | 106.0 |
| 강릉     | 16.2          | 24.5 | 31.4 | 97.2              | 73.5  | 62.8  | 임실  | 20.3          | 32.3 | 40.3 | 121.8             | 96.9  | 80.6  |
| 원주     | 22.9          | 35.5 | 46.2 | 137.4             | 106.5 | 92.4  | 정읍  | 22.6          | 35.0 | 44.8 | 135.6             | 105.0 | 89.6  |
| 울릉도    | 14.9          | 23.0 | 28.9 | 89.4              | 69.0  | 57.8  | 남원  | 28.6          | 37.5 | 44.1 | 171.6             | 112.5 | 88.2  |
| 수원     | 22.1          | 33.2 | 42.5 | 132.6             | 99.6  | 85.0  | 장수  | 19.3          | 27.9 | 35.8 | 115.8             | 83.7  | 71.6  |
| 서산     | 20.9          | 29.8 | 37.3 | 125.4             | 89.4  | 74.6  | 순천  | 17.9          | 26.4 | 32.5 | 107.4             | 79.2  | 65.0  |
| 울진     | 12.6          | 18.7 | 25.5 | 75.6              | 56.1  | 51.0  | 장흥  | 23.6          | 36.3 | 46.1 | 141.6             | 108.9 | 92.2  |
| 청주     | 22.2          | 33.1 | 40.4 | 133.2             | 99.3  | 80.8  | 해남  | 20.0          | 32.9 | 41.0 | 120.0             | 98.7  | 82.0  |
| 추풍령    | 17.6          | 24.7 | 31.6 | 105.6             | 74.1  | 63.2  | 고흥  | 17.3          | 31.9 | 40.8 | 103.8             | 95.7  | 81.6  |
| 안동     | 18.0          | 25.8 | 30.9 | 108.0             | 77.4  | 61.8  | 성산포 | 23.0          | 38.5 | 52.3 | 138.0             | 115.5 | 104.6 |
| 포항     | 16.9          | 23.8 | 31.2 | 101.4             | 71.4  | 62.4  | 춘양  | 21.3          | 28.4 | 39.5 | 127.8             | 85.2  | 79.0  |
| 군산     | 17.4          | 27.8 | 35.2 | 104.4             | 83.4  | 70.4  | 영주  | 19.4          | 29.9 | 36.8 | 116.4             | 89.7  | 73.6  |
| 진주     | 21.7          | 34.3 | 43.8 | 130.2             | 102.9 | 87.6  | 문경  | 14.3          | 21.1 | 27.8 | 85.8              | 63.3  | 55.6  |
| 마산     | 20.2          | 33.3 | 43.0 | 121.2             | 99.9  | 86.0  | 영덕  | 16.3          | 20.6 | 26.2 | 97.8              | 61.8  | 52.4  |
| 통영     | 18.2          | 27.5 | 35.5 | 109.2             | 82.5  | 71.0  | 의성  | 18.6          | 25.9 | 29.4 | 111.6             | 77.7  | 58.8  |
| 목포     | 18.6          | 28.2 | 35.2 | 111.6             | 84.6  | 70.4  | 구미  | 18.1          | 27.2 | 32.2 | 108.6             | 81.6  | 64.4  |
| 여수     | 18.9          | 29.6 | 38.6 | 113.4             | 88.8  | 77.2  | 영천  | 19.7          | 33.2 | 35.5 | 118.2             | 99.6  | 71.0  |
| 완도     | 20.7          | 33.1 | 41.2 | 124.2             | 99.3  | 82.4  | 거창  | 17.1          | 23.7 | 30.6 | 102.6             | 71.1  | 61.2  |
| 제주     | 19.9          | 34.4 | 38.2 | 119.4             | 103.2 | 76.4  | 합천  | 14.2          | 27.2 | 38.8 | 85.2              | 81.6  | 77.6  |
| 제주(고흥) | 19.2          | 26.0 | 33.0 | 115.2             | 78.0  | 66.0  | 밀양  | 18.7          | 30.6 | 37.3 | 112.2             | 91.8  | 74.6  |
| 서귀포    | 23.4          | 36.9 | 45.2 | 140.4             | 110.7 | 90.4  | 산청  | 16.5          | 25.0 | 34.0 | 99.0              | 75.0  | 68.0  |
| 강화     | 26.7          | 44.5 | 58.5 | 160.2             | 133.5 | 117.0 | 거제  | 22.2          | 31.6 | 39.1 | 133.2             | 94.8  | 78.2  |
| 양평     | 22.2          | 35.2 | 45.8 | 133.2             | 105.6 | 91.6  | 남해  | 16.7          | 26.9 | 35.7 | 100.2             | 80.7  | 71.4  |

Darcy의 침투법칙을 적용할 수 없으며, 수두의 영향을 받지 않는다. 실제로 Horton의 침투법칙은 확산과 모세관현상에 지배 받는 것으로 알려져 있다(Gyorgy Kovas, 1981).

따라서 flooding형 침투계 실험 시 수두는 Horton의 침투능을 결정하는 지배요소가 되지 않으며, 블록포장지역의 침투능 측정 시 일정한 수두를 유지하기 어려우므로, 높은 수두에서 실험을 시작하기 위하여 flooding형 침투계의 높이를 25cm로

결정하였다.

Flooding형 침투계를 이용한 Horton의 침투능 측정 절차는 먼저, 대상지역에 두 개의 동심원이 위치할 장소를 정하고, 내부 및 외부 원통관이 위치할 자리에 투명실리콘으로 처리하여, 누수가 되지 않도록 포장표면에 밀착시킨 다음, 내외측 링에 수심이 160mm가 되도록 물을 채운다. 물을 채운 직후부터 5분 간격으로 1시간 동안 수위를 측정하고, 같은 장소에서 반복 시

협하여 두 개의 측정값의 평균을 측정값으로 한다.

2) 대상지역의 선정

소형고압블록, 점토벽돌 등으로 대표되는 블록형 포장은 그림 1(b)에 나타나 있는 바와 같이, 침투의 대부분이 블록과 블록사이의 줄눈에서 발생할 것으로 판단된다. 포장지역의 줄눈은 도시지역에서 발생하는 각종 먼지, 황사, 꽃가루 등에 의하여 공극이 메워지거나, 담압 등으로 다져질 것으로 가정할 수 있다. 따라서 시공 연수가 경과할수록 줄눈을 통한 침투량은 감소할 것으로 판단하여 대상지역을 시공 후 기간에 따라 결정하였으며, 아래의 표 5와 같다.

3) 유출계수 산정 절차

전술한 바와 같이, 유출계수는 재현기간, 강우지속기간에 따

표 5. 대상지역

| 시공 후 기간   | 재료 | 소형고압블럭          | 점토벽돌블럭         |
|-----------|----|-----------------|----------------|
| 1년        |    | 가좌공원(A-1)       | -              |
| 2년        |    | -               | 가좌 소공원(B-1)    |
| 3년        |    | 진주산업대 광장(A-2)   | 진주산업대 생활관(B-2) |
| 3년 이상 된 곳 |    | 경상대 광장(最古)(A-3) | 가좌택지지구(B-3)    |

라 결정되는 설계강우강도와 Horton의 종기침투능으로 나타낼 수 있는 손실량의 비로 구할 수 있으며, 지역별 강우지속기간 별 유출계수의 산정은 Flooding형 침투계를 이용하여 Horton의 종기침투능을 산정한 후, 표 4에 나타나 있는 지역별, 강우지속 기간별 설계강우량과 종기침투능을 이용하여 식 4에 따라 유출 계수를 산정한다.

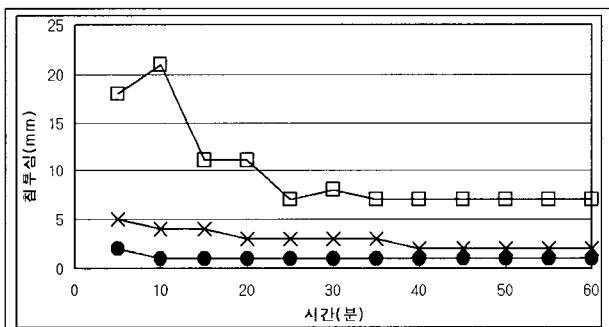
IV. 결과 및 고찰

1. Horton 종기침투능 산정

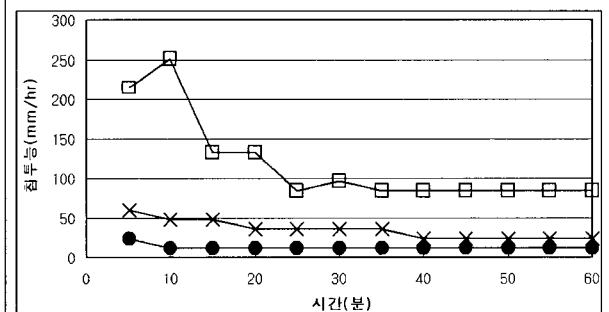
상기 실험절차에 따라 시간의 변화에 따른 블록포장지역의 침투능 측정결과가 표 6과 그림 3, 4에 나타나 있다.

표 6, 그림 3과 그림 4를 살펴보면, 블록의 종류에 관계없이 초기에는 비교적 큰 침투능을 나타내며, 시간이 지남에 따라 침투능이 감소하며, 중국에는 일정하게 나타나는 것을 알 수 있다. 한편 시공 후 기간이 오래될수록 3년 이상 된 블록포장지역의 종기침투능이 작은 것을 알 수 있으며, II장 4, 2)절에서 언급한 가정 즉, 시공 후 시간이 지남에 따라 줄눈의 공극이 메워지고, 다져지는 현상에 의한 침투능이 감소할 것이라는 가정이 타당한 것을 알 수 있다.

이와 같은 결과는 Horton의 이론적 침투공식을 블록포장지

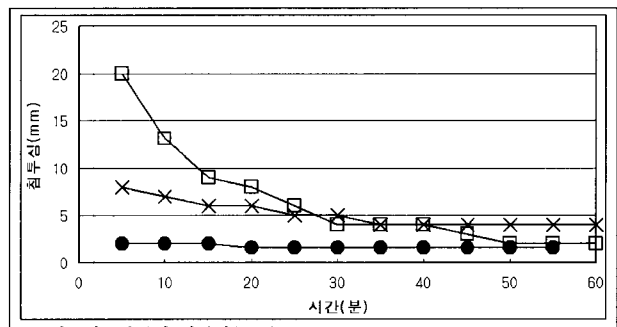


a: 소형 고압블록의 침투심(mm)

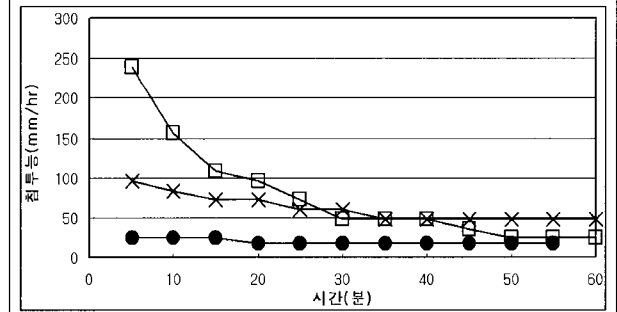


b: 소형 고압블록의 침투능(mm/hr)

그림 3. 소형고압블록의 침투심 및 침투능  
 범례: □ 가좌공원(1년), × 진주산업대 광장(3년), ● 경상대광장(3년 이상)



a: 점토벽돌블록의 침투심(mm)



b: 점토벽돌블록의 침투능(mm/hr)

그림 4. 점토벽돌블록의 침투심 및 침투능  
 범례: □ 가좌소공원(1년), × 진주산업대 생활관(3년), ● 가좌동 택지공원(3년 이상)

표 6. Flooding형 침투계에 의한 침투능 측정 결과

| 시간<br>(분) | 가좌공원(A-1) |         |            | 진주산업대 광장(A-2) |         |            | 경상대 광장(A-3) |         |            |
|-----------|-----------|---------|------------|---------------|---------|------------|-------------|---------|------------|
|           | 수위(mm)    | 침투심(mm) | 침투능(mm/hr) | 수위(mm)        | 침투심(mm) | 침투능(mm/hr) | 수위(mm)      | 침투심(mm) | 침투능(mm/hr) |
| 0         | 160       | 0       | -          | 160           | 0       | -          | 160         | 0       | -          |
| 5         | 142       | 18      | 216        | 155           | 5       | 60         | 158         | 2       | 24         |
| 10        | 121       | 21      | 252        | 151           | 4       | 48         | 157         | 1       | 12         |
| 15        | 110       | 11      | 132        | 147           | 4       | 48         | 156         | 1       | 12         |
| 20        | 99        | 11      | 132        | 144           | 3       | 36         | 155         | 1       | 12         |
| 25        | 92        | 7       | 84         | 141           | 3       | 36         | 154         | 1       | 12         |
| 30        | 84        | 8       | 96         | 138           | 3       | 36         | 153         | 1       | 12         |
| 35        | 77        | 7       | 84         | 135           | 3       | 36         | 152         | 1       | 12         |
| 40        | 70        | 7       | 84         | 123           | 2       | 24         | 151         | 1       | 12         |
| 45        | 63        | 7       | 84         | 131           | 2       | 24         | 150         | 1       | 12         |
| 50        | 56        | 7       | 84         | 129           | 2       | 24         | 149         | 1       | 12         |
| 55        | 49        | 7       | 84         | 127           | 2       | 24         | 148         | 1       | 12         |
| 60        | 42        | 7       | 84         | 125           | 2       | 24         | 147         | 1       | 12         |

| 시간<br>(분) | 가좌 소공원(B-1) |         |            | 진주산업대 생활관(B-2) |         |            | 가좌동 택지공원(B-3) |         |            |
|-----------|-------------|---------|------------|----------------|---------|------------|---------------|---------|------------|
|           | 수위(mm)      | 침투심(mm) | 침투능(mm/hr) | 수위(mm)         | 침투심(mm) | 침투능(mm/hr) | 수위(mm)        | 침투심(mm) | 침투능(mm/hr) |
| 0         | 160         | 0       | -          | 160            | 0       | -          | 160           | 0       | -          |
| 5         | 140         | 20      | 240        | 152            | 8       | 96         | 157           | 3       | 36         |
| 10        | 127         | 13      | 156        | 145            | 7       | 84         | 155           | 2       | 24         |
| 15        | 118         | 9       | 108        | 139            | 6       | 72         | 153           | 2       | 24         |
| 20        | 110         | 8       | 96         | 133            | 6       | 72         | 151           | 2       | 24         |
| 25        | 104         | 6       | 72         | 128            | 5       | 60         | 149.5         | 1.5     | 18         |
| 30        | 100         | 4       | 48         | 123            | 5       | 60         | 148           | 1.5     | 18         |
| 35        | 96          | 4       | 48         | 119            | 4       | 48         | 146.5         | 1.5     | 18         |
| 40        | 92          | 4       | 48         | 115            | 4       | 48         | 145           | 1.5     | 18         |
| 45        | 89          | 3       | 36         | 111            | 4       | 48         | 143.5         | 1.5     | 18         |
| 50        | 87          | 2       | 24         | 107            | 4       | 48         | 142           | 1.5     | 18         |
| 55        | 85          | 2       | 24         | 103            | 4       | 48         | 140.5         | 1.5     | 18         |
| 60        | 83          | 2       | 24         | 99             | 4       | 48         | 139           | 1.5     | 18         |

역에도 적용할 수 있음을 알 수 있고, 설계 시 적용할 수 있는 유출계수 산정을 위한 침투능은 침투가 가장 작게 일어나는 경우를 대상으로 하므로 A-3지역의 중기침투능(12mm/hr)을 블록포장지역의 침투능으로 결정하였다. 설계 시 최대 침투홍수량을 일으킬 수 있는 조건은 침투능이 최소일 때이므로, 포장 재료에 관계없이 일정한 것으로 가정하였다.

2. 유출계수 결정

전술한 바와 같이, 블록포장지역의 유출계수는 강우강도, 손실량, 유출량에 따라 결정되어진다. 설계강우강도는 재현기간 10년, 강우지속기간 10, 20, 30분을 대상으로 하였고, 손실량은 시공 후 3년 이상 기간이 경과한 포장지역의 Horton 중기침투능 12mm/hr로 결정하였으며, 이를 토대로 식 4를 이용하여 블

록포장지역의 유출계수를 산정하였고, 그 결과 표 7에 나타나 있다.

표 7을 살펴보면, 다우지역인 부안, 임실, 정읍 및 남원지역의 유출계수가 타 지역에 비하여 높은 편이며, 울진, 태백 등

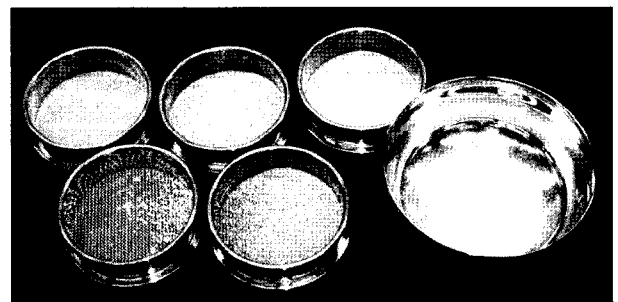


그림 5. 줄눈시료 체분석

표 7. 지역별 지속기간별 유출계수

| 지역   | 지속기간별<br>강우강도(mm/hr) |       |       | 총기<br>침투능<br>(mm/hr) | 유출계수 |      |      | 지역  | 지속기간별<br>강우강도(mm/hr) |       |       | 총기<br>침투능<br>(mm/hr) | 유출계수 |      |      |
|------|----------------------|-------|-------|----------------------|------|------|------|-----|----------------------|-------|-------|----------------------|------|------|------|
|      | 10분                  | 20분   | 30분   |                      | 10분  | 20분  | 30분  |     | 10분                  | 20분   | 30분   |                      | 10분  | 20분  | 30분  |
| 진주   | 118.2                | 92.4  | 85.4  | 12                   | 0.89 | 0.87 | 0.85 | 이천  | 129.6                | 96.9  | 80.0  | 12                   | 0.90 | 0.87 | 0.85 |
| 서울   | 150.0                | 113.7 | 97.8  | 12                   | 0.92 | 0.89 | 0.87 | 인제  | 134.4                | 94.8  | 74.8  | 12                   | 0.91 | 0.87 | 0.83 |
| 부산   | 134.4                | 102.9 | 89.0  | 12                   | 0.91 | 0.88 | 0.86 | 홍천  | 119.4                | 95.1  | 79.2  | 12                   | 0.89 | 0.87 | 0.84 |
| 인천   | 124.8                | 100.5 | 87.6  | 12                   | 0.9  | 0.88 | 0.86 | 태백  | 85.8                 | 72.3  | 65.0  | 12                   | 0.86 | 0.83 | 0.81 |
| 대구   | 118.8                | 92.7  | 76.6  | 12                   | 0.89 | 0.87 | 0.84 | चे천 | 139.8                | 103.2 | 85.0  | 12                   | 0.91 | 0.88 | 0.85 |
| 대전   | 118.8                | 92.7  | 76.6  | 12                   | 0.89 | 0.87 | 0.84 | 충주  | 119.4                | 96.3  | 83.0  | 12                   | 0.89 | 0.87 | 0.85 |
| 광주   | 121.8                | 93.0  | 79.6  | 12                   | 0.9  | 0.87 | 0.84 | 보은  | 129.0                | 90.0  | 76.6  | 12                   | 0.90 | 0.86 | 0.84 |
| 울산   | 109.8                | 87.6  | 77.4  | 12                   | 0.89 | 0.86 | 0.84 | 아산  | 128.4                | 93.9  | 80.2  | 12                   | 0.90 | 0.87 | 0.85 |
| 속초   | 79.2                 | 65.4  | 56.0  | 12                   | 0.84 | 0.81 | 0.78 | 보령  | 123.6                | 104.1 | 90.8  | 12                   | 0.90 | 0.88 | 0.86 |
| 철원   | 101.4                | 72.6  | 66.2  | 12                   | 0.88 | 0.83 | 0.81 | 부여  | 154.2                | 114.9 | 101.2 | 12                   | 0.92 | 0.89 | 0.88 |
| 대관령  | 86.4                 | 62.4  | 54.0  | 12                   | 0.86 | 0.80 | 0.77 | 금산  | 99.0                 | 79.5  | 69.6  | 12                   | 0.87 | 0.84 | 0.82 |
| 춘천   | 117.6                | 88.2  | 71.2  | 12                   | 0.89 | 0.86 | 0.83 | 부안  | 201.0                | 135.3 | 106.0 | 12                   | 0.94 | 0.91 | 0.88 |
| 강릉   | 97.2                 | 73.5  | 62.8  | 12                   | 0.87 | 0.83 | 0.80 | 임실  | 121.8                | 96.9  | 80.6  | 12                   | 0.90 | 0.87 | 0.85 |
| 원주   | 137.4                | 106.5 | 92.4  | 12                   | 0.91 | 0.88 | 0.87 | 정읍  | 135.6                | 105.0 | 89.6  | 12                   | 0.91 | 0.88 | 0.86 |
| 울릉도  | 89.4                 | 69.0  | 57.8  | 12                   | 0.86 | 0.82 | 0.79 | 남원  | 171.6                | 112.5 | 88.2  | 12                   | 0.93 | 0.89 | 0.86 |
| 수원   | 132.6                | 99.6  | 85.0  | 12                   | 0.9  | 0.87 | 0.85 | 장수  | 115.8                | 83.7  | 71.6  | 12                   | 0.89 | 0.85 | 0.83 |
| 서산   | 125.4                | 89.4  | 74.6  | 12                   | 0.9  | 0.86 | 0.83 | 순천  | 107.4                | 79.2  | 65.0  | 12                   | 0.88 | 0.84 | 0.81 |
| 울진   | 75.6                 | 56.1  | 51.0  | 12                   | 0.84 | 0.78 | 0.76 | 장흥  | 141.6                | 108.9 | 92.2  | 12                   | 0.91 | 0.88 | 0.86 |
| 청주   | 133.2                | 99.3  | 80.8  | 12                   | 0.9  | 0.87 | 0.85 | 해남  | 120.0                | 98.7  | 82.0  | 12                   | 0.90 | 0.87 | 0.85 |
| 추풍령  | 105.6                | 74.1  | 63.2  | 12                   | 0.88 | 0.83 | 0.81 | 고흥  | 103.8                | 95.7  | 81.6  | 12                   | 0.88 | 0.87 | 0.85 |
| 안동   | 108.0                | 77.4  | 61.8  | 12                   | 0.88 | 0.84 | 0.80 | 성산포 | 138.0                | 115.5 | 104.6 | 12                   | 0.91 | 0.89 | 0.88 |
| 포항   | 101.4                | 71.4  | 62.4  | 12                   | 0.88 | 0.83 | 0.80 | 춘양  | 127.8                | 85.2  | 79.0  | 12                   | 0.90 | 0.85 | 0.84 |
| 군산   | 104.4                | 83.4  | 70.4  | 12                   | 0.88 | 0.85 | 0.82 | 영주  | 116.4                | 89.7  | 73.6  | 12                   | 0.89 | 0.86 | 0.83 |
| 전주   | 130.2                | 102.9 | 87.6  | 12                   | 0.9  | 0.88 | 0.86 | 문경  | 85.8                 | 63.3  | 55.6  | 12                   | 0.86 | 0.81 | 0.78 |
| 마산   | 121.2                | 99.9  | 86.0  | 12                   | 0.9  | 0.87 | 0.86 | 영덕  | 97.8                 | 61.8  | 52.4  | 12                   | 0.87 | 0.80 | 0.77 |
| 통영   | 109.2                | 82.5  | 71.0  | 12                   | 0.89 | 0.85 | 0.83 | 의성  | 111.6                | 77.7  | 58.8  | 12                   | 0.89 | 0.84 | 0.79 |
| 목포   | 111.6                | 84.6  | 70.4  | 12                   | 0.89 | 0.85 | 0.82 | 구미  | 108.6                | 81.6  | 64.4  | 12                   | 0.88 | 0.85 | 0.81 |
| 여수   | 113.4                | 88.8  | 77.2  | 12                   | 0.89 | 0.86 | 0.84 | 영천  | 118.2                | 99.6  | 71.0  | 12                   | 0.89 | 0.87 | 0.83 |
| 완도   | 124.2                | 99.3  | 82.4  | 12                   | 0.9  | 0.87 | 0.85 | 거창  | 102.6                | 71.1  | 61.2  | 12                   | 0.88 | 0.83 | 0.80 |
| 제주   | 119.4                | 103.2 | 76.4  | 12                   | 0.89 | 0.88 | 0.84 | 합천  | 85.2                 | 81.6  | 77.6  | 12                   | 0.85 | 0.85 | 0.84 |
| 제주고흥 | 115.2                | 78.0  | 66.0  | 12                   | 0.89 | 0.84 | 0.81 | 밀양  | 112.2                | 91.8  | 74.6  | 12                   | 0.89 | 0.86 | 0.83 |
| 서귀포  | 140.4                | 110.7 | 90.4  | 12                   | 0.91 | 0.89 | 0.86 | 산청  | 99.0                 | 75.0  | 68.0  | 12                   | 0.87 | 0.84 | 0.82 |
| 강화   | 160.2                | 133.5 | 117.0 | 12                   | 0.92 | 0.91 | 0.89 | 거제  | 133.2                | 94.8  | 78.2  | 12                   | 0.90 | 0.87 | 0.84 |
| 양평   | 133.2                | 105.6 | 91.6  | 12                   | 0.90 | 0.88 | 0.86 | 남해  | 100.2                | 80.7  | 71.4  | 12                   | 0.88 | 0.85 | 0.83 |

영동지역의 유출계수가 낮게 나타났다.

### 3. 줄눈의 입도분포곡선

표 6의 중기침투능 측정결과에서 시공 후 기간이 경과함에 따라 중기침투능이 감소하는 것을 알 수 있으며, 이는 II장 4,

2)에서 설명한 바와 같이 도시지역의 먼지, 황사, 꽃가루 등의 미세입자들이 줄눈을 메우고, 답압에 의하여 다져진 결과로 가정하였으며, 이는 중기침투능 측정에서도 확인된 바 있다. 본 연구에서는 시공 후 1년 및 3년 이상 된 블록포장지역의 줄눈을 채취하여 성분분석 및 입도분포곡선을 실시하였으며, 그 결과가 표 8 및 그림 6에 나타나 있다.



표 8. 시공 후 1년 및 3년 이상 경과된 포장 줄눈의 토양분석 결과

| 체번호<br>(sieve No.) | 입경<br>(mm) | 1년경과                       |       |              | 3년 이상 경과      |       |              |
|--------------------|------------|----------------------------|-------|--------------|---------------|-------|--------------|
|                    |            | 무게<br>(g)                  | 무게비   | 누가무게비<br>(%) | 무게<br>(g)     | 무게비   | 누가무게비<br>(%) |
| #10                | 2          | 1.152                      | 0.056 | 100.0        | 1.676         | 0.081 | 100.0        |
| #18                | 1          | 1.273                      | 0.062 | 94.4         | 1.255         | 0.060 | 91.9         |
| #35                | 0.5        | 5.794                      | 0.292 | 88.2         | 4.942         | 0.238 | 85.9         |
| #60                | 0.25       | 9.292                      | 0.454 | 59.0         | 8.949         | 0.431 | 62.1         |
| #140               | 0.1        | 2.001                      | 0.098 | 13.6         | 2.362         | 0.114 | 19.1         |
| #270               | 0.053      | 0.503                      | 0.025 | 3.9          | 0.777         | 0.037 | 7.7          |
| 이하                 | 0.001      | 0.286                      | 0.014 | 1.4          | 0.822         | 0.040 | 4.0          |
| 순 토양 무게            |            | 20.301(97.6%)              |       |              | 20.783(96.5%) |       |              |
| 유기물질 무게            |            | 0.498(2.4%)                |       |              | 0.742(3.5%)   |       |              |
| 총 무게               |            | 20.799(100%)               |       |              | 21.525(100%)  |       |              |
| 비고                 |            | 무게비와 누가무게비는 순 토양무게에 대한 비율임 |       |              |               |       |              |

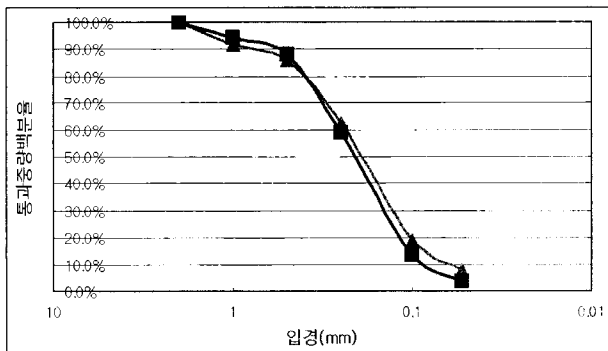


그림 6. 시공 후 1년 및 3년 이상 경과된 포장 줄눈의 입도분석 결과  
 범례: ▲ 3년 이상, ■ 1년

표 8과 그림 6을 살펴보면, 시공 후 3년 이상 된 지역의 줄눈에서 미세입자가 더 많은 양을 차지함을 알 수 있으며, 유기물질의 경우도 3년 이상 경과한 지역의 유기물질이 더 많은 것을 알 수 있다.

## V. 결론

도시공간에 차지하는 조경공간이 많아지고 커지므로, 대규모 조경 공간 조성 시 필수적인 배수시설을 설계하기 위한 기초자료로서 블록포장지역의 지역별, 강우지속기간별 유출계수를 산정하였으며, 결론은 다음과 같다.

유출계수는 재현기간, 강우강도, 강우 손실량의 함수로 나타나며, 강우강도는 재현기간별, 지역별, 강우지속기간별로 다르게 나타나므로, 설계지역과 목적에 맞는 유출계수를 산정하여 설계에 반영하여야 한다. 유출계수를 산정하기 위한 강우 손실량은 Horton의 중기침투능을 이용하였고, 이는 Flooding형 침투계를 이용하여 측정하였으며, 시공후 기간이 증가함에 따라 중기침투능이 감소하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 먼지, 황사, 꽃가루 등으로 인한 공극의 폐색과 답압에 의한 다짐효과로 추정되며, 이는 줄눈의 입도분포곡선을 통하여 어느 정도 밝힐 수 있다. 진주지역의 소형고압블록과 점토블록포장지역을 대상으로 산정한 유출계수는 지역별, 강우지속기간별로 다르나, 강우지속기간 10분에 대하여 0.94~0.84의 범위를 가지며, 지속기간이 증가함에 따라 감소한다.

본 연구는 건설교통부(2000)의 연구결과를 토대로 하였으므로, 최근에 발생하는 기후변화로 인한 강우강도의 변화를 반영하지 못하였다. 최근 극대홍수량을 발생시키는 호우가 자주 발생하고 있으므로, 도시지역의 배수시설설계도 이를 반영하여야 할 것이다. 또 줄눈의 입도분석은 같은 재료를 이용한 줄눈을 분석하여야 정확한 변화를 알 수 있는데 반하여 본 연구에는 시공된 포장지역의 줄눈을 채취하여 분석하였으므로, 시공 후 기간에 지남에 따른 침투능 감소를 완전히 밝히는데 한계를 가진다.

## 인용문헌

1. 건설교통부(2000) 한국 확률강우량도 작성. 1999년도 수자원관리기법개발연구조사 제1권 보고서. 187-254.
2. 김지호, 박영진, 최인호, 송재호(2004) 산지유역의 합리식 유출계수 산정에 관한 연구. 2004 한국수자원학회 2004 학술발표논문집: 173-177.
3. 유주환(2006) 유역을 대표하는 Horton 침투모형 내 매개변수의 최적 결정. 한국수자원학회지 39(11): 977-984.
4. 윤용남(2007) 수문학. 기초와 응용. 청문각. 194-197.
5. 환경부(2005) 하수도시설기준. 59-66.
6. Blake, G. J., G. D. Malonson and S. Lykles(1968) Infiltration in the Puketuria experimental basin. Journal of Hydrology(N.Z.), 7(1): 38-46.
7. Gyorgy Kovas(1981) Seepage Hydraulics, Elsevier Scientific Publishing: 284-293.
8. Honer, W. W. and F. L. Flynt(1936) Relation between rainfall and runoff from small urban area. Transactions of ASCE 101: 140-183.
9. Rawls, W., P. Yates and L. Asmussen(1976) Calibration of selected infiltration equations for the Georgia Coastal Plain. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-S-113, Washington, D.C.

원 고 접 수 일: 2008년 3월 25일  
 심 사 일: 2008년 4월 28일(1차)  
 2008년 7월 4일(2차)  
 게재 확정 일: 2008년 7월 11일  
 3인의명 심사필