

## 침투정 토양 조건에 따른 침투 실험

### Infiltration Experiments According to the Variation of Soil Condition of Infiltration Collector Well

임 창 수\*

Rim, Chang-Soo

#### Abstract

The main purpose of this study is to find the appropriate method to prevent the reduction of infiltration capacity due to sealing of soil surface. The study results indicate that installation of gravel or larger soil facilitates the drainage of infiltrated rainwater. However, considering that the infiltration capacity has been reduced since the installation, it seems that the sealing of soil surface is caused by the inflow of suspended soil into the lower sand layer. To promote the infiltration capacity by reducing the pounding of lower natural soil layer, the sand soil should be placed above the natural soil layer with shallow depth just below the larger gravel. Furthermore, the crust generated above the soil surface should be removed regularly and the sand layer above the natural soil layer should be replaced with new one so that the original infiltration capacity can be maintained properly.

**keywords** : infiltration capacity, rainwater, soil condition

#### 요 지

본 연구에서는 침투정 설치 시 침투정 토양표면의 막힘 현상에 따른 침투능 저하를 감소시키기 위한 방안을 강구하고자 하였다. 또한 각기 다른 토양특성에 따른 침투능의 변화를 알아보기 위하여 여러 다른 실험조건에서 침투능의 변화를 관찰하였다. 실험결과에 의하면 침투정 설치 시 침투정의 하부토양은 자갈이나 가급적 입경이 큰 토양을 설치함으로써 침투정으로부터 우수를 빠른 시간 내에 배수시킬 수 있을 것으로 사료된다. 하지만 장기적으로 시간이 경과함에 따라서 침투능이 감소하는 경향을 보이는 것을 고려할 때 토양 내부에 부유토사의 침투에 따른 막힘 현상이 발생되고 있는 것으로 사료된다. 하부 자연 토양의 다짐을 방지하기 위하여 자연토양 상부에 가급적 얇은 깊이로 모래를 설치하고 가급적 굵은 자갈을 상부에 설치하여 저류능과 수두를 높여 침투능을 향상시키는 것이 바람직하다. 또한 정기적으로 침투정에 발생하는 crust(경화 토피층)를 제거하고 침투정내 모래를 수시로 교체하여 원래의 침투능을 유지하도록 하는 것이 필요하다.

**핵심용어** : 침투능, 우수, 토양조건

### 1. 서 론

도시지역에서 집중호우에 따른 부유물질 및 유사 유

입으로 인하여 침투정의 막힘 현상이 발생하고 이로 인하여 침투능 감소가 발생하고 있다. 이에 대한 대처 방안으로써 현재까지는 도로 위에 쌓여 있다가 강우

\* 청운대학교 철도행정토목학과 부교수

Associate Professor, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Chungwoon University, Chungnam 350-800, Korea  
(e-mail: csrim@chungwoon.ac.kr)

시 빗물과 함께 흘러 들어오는 낙엽 등과 같은 큰 부유물을 걸러서 처리하는 정도의 단순한 방법이 적용되고 있으며, 침투정의 침투능을 저하시키는 막힘 현상에 대한 효율적인 연구는 국내에서 수행된 바 없다. 따라서 효율적인 침투정 관리를 위하여 이에 대한 연구가 시급한 실정이다.

과거 토양상부에 발생하는 crust (경화 토피층)에 따른 침투능의 변화에 대한 연구가 수행된 바 있다. Hillel and Gardner(1970)는 시간에 따라서 침투능과 습윤 깊이 그리고 하부층 토양의 흡입력과 전도율이 변하는 초기 토양이 포화되지 않은 경우에 상부층의 여러 다른 crust 조건에 대해서 실험을 실시하였다. 실험결과에 의하면 토양표면에 crust가 있는 경우에 crust의 전도율이 클수록 더 큰 침투능을 보여주었다. Ben-Hur et al.(1985)은 Calcic Haploxeralfs(Loess)와 Typic Rhodoxeralfs(Hamra) 두 다른 토양을 이용하여 토양 crust와 토양건조가 침투능에 미치는 영향을 연구하였다. Assouline and Mualem(2002)은 침투능에 대한 지표토양의 soil surface sealing현상과 토양수리특성의 이질성의 영향을 연구하였다. Kutilek(2003)은 토양 표면 crust의 높은 수리학적 저항은 물이 crust를 통해 흐를 때 crust의 상부와 하부사이에 수압의 급격한 강하를 초래하는지를 알아보기 위하여 실험을 실시한 바 있다.

한편 강우특성과 토양표면의 crust 발생조건에 대한 연구가 수행된 바 있다. Edwards and Larson(1969)과 Baumhardt et al.(1990) 그리고 Assouline and Mualem(1997)은 강우지속시간에 토양표면의 crust층에서의 침투능을 모형을 통하여 연구하였으며, 연구결과 토양표면의 막힘층의 형성과 그에 따른 포화투수계수나 침투능은 강우지속시간과 강우강도에 의해서 영향을 받는 것으로 나타났다. Morin et al.(1981)은 강우의 토양 내 침투과정을 연구하기 위하여 이스라엘의 두 다른 토양 조건에 대해서 현장실험 및 실험실 실험을 실시한 바 있다. Ben-Hur et al.(1987)은 1-ha 범위의 현장에서 30 곳을 무작위로 선정하여 sprinkler와 flood infiltrometer를 이용하여 침투능 변화를 연구하였다. 연구결과에 의하면 빗방울의 영향은 지표면 위의 토립자를 분해하고 토양표면에 막이 발생하여 침투능이 감소하는 것으로 나타났다. Bresson and Cadot(1992)은 Loamy 토양조건에서 crust의 형성과정에 대해서 연구하였다. 연구결과에 의하면 초기지표면 토양의 습윤정도에 따라서 각기 다른 crust 형성과정을 보이는 것으로 나타났고, crust 형성 정도는 토양크기 및 분포 그리고 강우강도와 관련이 있는 것으로 나타났다. Bissonais and Singer

(1992)는 강우조건에 따른 토양표면의 crust 발생과 그에 따른 유출과 토양의 세굴에 대해서 연구한 바 있다. Mualem et al.(1993)은 강우강도에 의해서 발생하는 토양표면의 crust 발생과 그에 따른 토양의 습윤화 정도를 연구하기 위하여 sandy loam과 loess (loam) 등 두 가지 다른 토양에 대해서 실험을 하였다.

현장 실험을 통하여 crust발생에 따른 침투능의 변화도 연구되었다. Vandervaere et al.(1997)은 토양의 crust의 투수계수를 측정하기 위하여 disc infiltrometer와 mini tensiometer를 HAPEX-Sahel 실험지역에 적용하였다. Philip(1998)은 반해석적 방법(quasi-analytic methods)을 이용하여 crust가 형성된 토양표면으로부터 물의 침투양상을 분석하였다. 연구결과 crust는 침투를 저감시키는 것으로 나타났고, 침투능의 저감뿐만 아니라 하부토양층의 습윤화 정도와 깊이에도 영향을 미치는 것으로 나타났다. Fox and Bissonais(1998)에 의하면 수리지항은 투수계수에 대한 막 두께의 비를 나타내며, 퇴적에 의한 crust 두께는 대략 1cm 정도이고, 토질 구조에 따른 crust의 두께는 Villablain clay의 경우에 약 0.3 cm 정도이고, Blossville silt loam의 경우에 약 0.5 cm인 것으로 나타났다.

화확물질의 투입이 지표면 crust의 형성과정과 침투능에 미치는 영향에 대한 연구도 수행된 바 있다. Helalia et al.(1988)은 침투능과 토양 내 점토질의 이동형태에 대한 cationic polymer(CP-14), 토양층의 두께, 수질 그리고 초기토양수분의 영향을 연구하기 위하여 인공강우실험을 실시하였다. Shainberg et al.(1990)은 토양표면에 crust의 발생정도와 그에 따른 침투능변화 정도를 알아보기 위하여 anionic polyacrylamide(PAM)을 토양표면에 살포한 후 여러 다른 인공강우(증류수, 수돗물+phosphogypsum)를 뿌려 그 영향을 알아보았다.

본 연구에서는 현재 침투정내 막힘현상에 따른 침투능 저하를 감소시키기 위한 방안을 강구하기 위하여 실험장비를 특수 제작하여 실내 실험을 수행하였다. 실험 방법으로는 정수위 투수시험을 이용하였고, 각기 다른 토양특성에 따른 침투능 변화를 알아보기 위하여 여러 다른 실험조건에 따른 침투능의 변화를 관찰하였다. 이렇게 비교 분석된 결과는 침투정의 침투능 향상에 활용될 것이다.

## 2. 이론적 배경

정수위 투수시험은 투수실린더에 시료를 넣어 포화시킨 후 투수되는 데 소요되는 시간, 수두 등을 측정하여 투수계수를 산정한다. 여기서 투수계수란 겉보기 유속과 동수 기울기가 비례하는 경우의 비례상수이다. 정

수위 투수시험은 일정한 단면과 길이를 가진 시료 속을 일정한 수위차에 의하여 일정시간 내에 침투하는 수량을 측정하는 시험이다.

정수위 투수시험은 실험실에서 일반적으로 사용되는 방법으로, 실험 방법은 유입부와 유출부가 대기에 노출되어 있는 상태로 유입부와 유출부의 수두차에 의해 유체의 흐름이 유지된다. 투수실험을 시행하는 경우, 투수계수의 측정은 정상상태에서 측정하며 정상상태는 유입유량과 유출유량이 같아질 때를 의미한다. 그러나 실제로 실험을 하는 경우 오차가 발생할 수 있으므로 실내 실험에서는 10%, 현장실험에서는 25%의 오차를 허용한다. 또한, 사질토와 같이 비교적 큰 투수계수를 측정하는 경우에 쓰인다(Eq. 1).

$$K = - \frac{Q \cdot L}{H \cdot A} = - \frac{Q}{i \cdot A} \quad (1)$$

### 3. 실험방법 및 결과

#### 3.1 토양별 포화투수계수

0.25 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm, 4.75 mm의 각기 다른 크기의 체를 이용하여 6종류의 다른 입경으로 구성된 시료를 준비하였고, 이들 시료에 대한 포화투수계수를 측정하였다(Fig. 1). 이때 각각의 시료기둥의 높이는 51.5cm이고, 시료상부에 수두가 존재하지 않아 포화투수계수로 간주하였다.

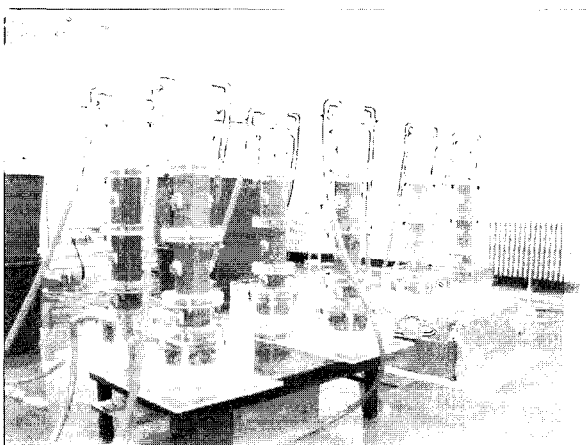


Fig. 1. Infiltration experiments

6개의 각기 다른 시료에 대하여 포화투수계수를 측정한 결과 입경이 0.25 mm 이하인 시료의 경우 포화투수계수는 0.0061 cm/sec이었고, 0.25~0.5 mm 입경시료의 포화투수계수는 0.1138 cm/sec, 0.25~1.0 mm 입경의 시료는 0.1870 cm/sec, 0.5~1.0 mm 시료는 0.2275

cm/sec, 1.0~2.0 mm 시료는 0.7066 cm/sec, 그리고 2.0~4.75 cm 시료의 경우 0.9995 cm/sec의 포화투수계수를 보였다.

#### 3.2 상부 crust가 침투능에 미치는 영향 실험

##### 3.2.1 상부 crust 발생 조건

본 실험은 현장의 자연토양 상부에 침투정을 설치하는 경우 자연토양 상부 토양조건에 따른 침투능의 변화를 알아보기 위하여 실시하였다. 실험에서는 실험장비 최하부에 자연토양이 존재하고 상부에 각기 다른 입경의 모래를 설치하는 경우와 그 위에 자갈을 설치하는 경우 그리고 부유토사가 그 상부에 유입되는 경우 crust의 발생에 따른 침투능의 변화를 연속적으로 실험하였다(Fig. 2). Fig. 2의 observations는 침투능 관측시점의 순서를 나타낸다.

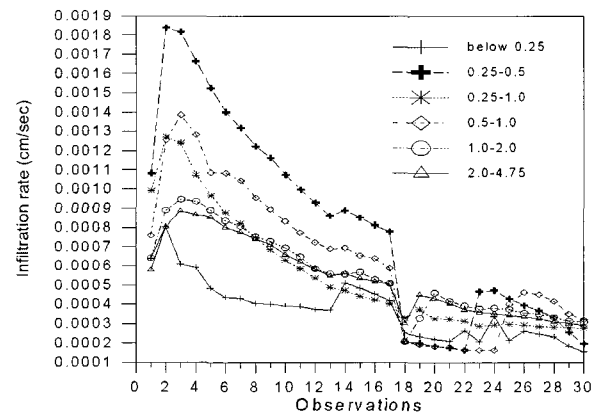


Fig. 2. Variation of infiltration rate according to the formation of upper crust

실험을 위하여 6개의 실험장치를 이용하여 각기 다른 조건에 대해서 침투능의 변화를 관찰하였다. 실험기 최하부에 12cm 깊이로 자연토양을 설치하고, 설치 후 자연토양 하부로 유출되는 침투량을 일정 시간 간격마다 측정하였다. 일정기간(약 3일) 후에 자연토양 상부에 여러 다른 모래(0.25 mm이하, 0.25~0.5 mm, 0.25~1.0 mm, 0.5~1.0 mm, 1.0~2.0 mm, 2.0~4.75 mm)를 22 cm 깊이로 설치하고, 설치 후 자연토양 하부로 유출되는 침투량을 일정 시간 간격마다 측정하였다. 약 6일 경과 후 모래층 상부에 11cm 깊이로 굵은 자갈을 설치하여 침투량의 변화를 계속 관찰하였다. 다시 약 3일 경과 후 부유토사를 유입시켜 침투층 표면에 crust의 발생에 따른 침투능의 변화를 관찰하였다. 이때 자갈부 상부의 수두는 25 cm를 유지하였다. 따라서 수주에 의한 투수계수 증가를 고려한 투수계수는 다음 Eq. (2)로 구해진다.

$$Jw = \frac{Ks}{L}(b + L) \quad (2)$$

여기서  $Jw$ 는 투수계수이고,  $Ks$ 는 포화투수계수이고,  $b$ 는 수주의 높이 그리고  $L$ 은 시료기둥의 높이이다.

실험결과에 의하면 최초 자연토양의 침투능은 실험기내로 자연토양을 투입시킬 때 투입상태에 따라 여러 가지 다른 초기 침투능을 보였다. 3일 후 모래를 자연토양 상부에 투입하기 전까지 물이 채워진 상태에서 투입된 자연토양의 미립자가 침투시험기 하부로 배출됨에 따라서 침투능은 계속 증가하였다. 모래층이 형성된 이후부터는 침투능의 감소를 보이기 시작했다. 자연토양 상부에 발생된 모래층은 침투능을 모든 조건에 대해서 감소시켰으나, 6개의 자기 다른 모래층에 대해서 침투능은 일정하게 감소하는 경향을 보이고 있다. 모래층 상부에 투입된 굵은 자갈은 초기에 모래층을 분산시켜 약간의 침투능 상승 경향을 보이다가, 다시 시간이 경과함에 따라 침투능이 감소하는 경향을 보였다. 그 이후 투입된 부유토사에 의한 침투면 상부의 crust발생은 초기에 모든 경우에서 침투능을 크게 감소시켰으며, 그 이후 시간이 경과함에 따라 침투능은 일정하지 않은 경향을 보이고 있으나, 장기적으로는 침투능이 감소하는 경향을 보이고 있다.

결과적으로 현장에서의 침투능은 자연토양 자체의 침투능에 밀접한 영향을 받게 되며, 자연토양 상부에 설치된 모래층은 침투정의 수두를 저하시키는 역할을 하여 침투능을 저하시키고, 모래층 상부에 굵은 자갈의 설치하는 자갈 자체의 하중에 의한 하부토양의 압밀에 의하여 침투능을 저하시키는 것으로 사료된다. 침투면 상부에 crust를 형성하는 부유토사의 대부분은 모래층 입자의 입경보다 작아서 침투능을 저하시키고 경우에 따라서 부유토사는 하부 모래층내로 대략 30 cm 정도까지 유입되는 것으로 나타났다.

### 3.2.2 상부 crust 제거 조건

침투정 설치 시 침투정에 설치된 모래층 상부에 발생한 crust를 제거함으로써 야기되는 침투능의 변화를 알아보기 위하여 실험을 수행하였다. 본 실험결과로서 기존에 존재했던 crust가 제거되었지만 기존의 시료에 약 30 cm 정도까지 crust 발생물질인 부유토사가 침투함에 따라서 투수능에 변화가 있을 것으로 예상되었다. 본 실험을 준비하기 위하여 각각의 모래시료 상부에 존재하는 250 g의 부유토사를 제거하고 일정수두를 유지하였다. 따라서 수주 높이는 29 cm이고, 시료기둥의 높이는 51.5 cm이다(Fig. 3).

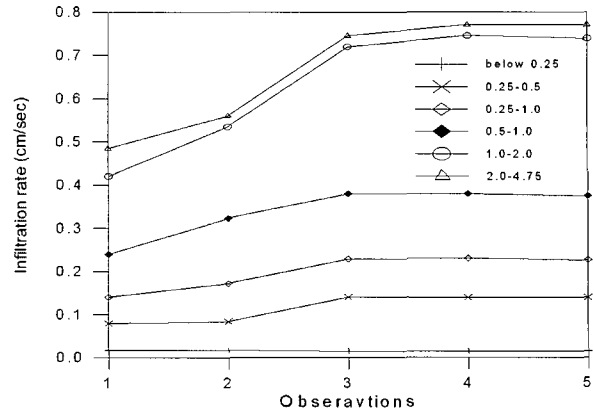


Fig. 3. Variation of infiltration rate according to the removal of upper crust

실험결과에 의하면 0.25 mm 이하의 시료를 제외하고 모든 시료에서 공통적으로 토양 상부에 존재하는 crust 제거는 침투능의 증가를 발생시키는 것으로 나타났다. crust 제거 후 약 45시간 정도 관찰한 결과 0.25 mm 이하 시료를 제외하고는 시간이 경과함에 따라 침투능의 증가를 보였다. 0.25 mm 이하 시료의 경우 crust시험재료로 사용된 부유토사 (0.125 mm 이하)와 입경이 비슷한 관계로 crust제거는 초기에 영향을 미치나 시간이 경과함에 따라 다시 침투능의 감소를 야기하는 것으로 사료된다.

### 3.3 토양 다짐이 침투능에 미치는 영향 실험

#### 3.3.1 crust가 있는 경우

침투정 설치 시 침투정 하부에 0.5~1.0 cm의 모래와 그 상부에 여러 다른 높이(무게)의 자갈층이 존재하는 경우 자기 다른 높이의 자갈층 상부에 부유토사의 유입으로 인한 crust발생에 따른 투수계수의 변화를 알아보았다. 조건 1의 경우 하부 모래 높이는 54 cm를 유지하고 상부 자갈부 높이는 6 cm(1.2 kg)를 유지하였다. 조건 2의 경우 하부 모래 높이는 38 cm를 유지하고 상부 자갈부 높이는 22 cm(3.0 kg)를 유지하였다. 조건 3의 경우 하부 모래 높이는 23 cm를 유지하고 상부 자갈부 높이는 37 cm(4.2 kg)를 유지하였다. 자갈 상단부 수주 높이는 17 cm 유지하였다(Fig. 4).

실험결과에 의하면 하부모래 높이가 작고 자갈부 높이가 클수록 초기 침투능은 크다. 하부 모래 높이 54 cm, 상부자갈부 높이 6 cm의 경우 초기침투능은 0.381 cm/sec이었고, 하부 모래 높이 38 cm, 상부자갈부 높이 22 cm의 경우 초기침투능은 0.523 cm/sec 그리고 하부 모래높이 23 cm 상부 자갈부 높이 37 cm인 경우 초기 침투능은 0.736 cm/sec이었다. 자갈부 상부에 3 cm 깊이로 약 250 g의 부유토사를 투입한 후 침투능은 급격

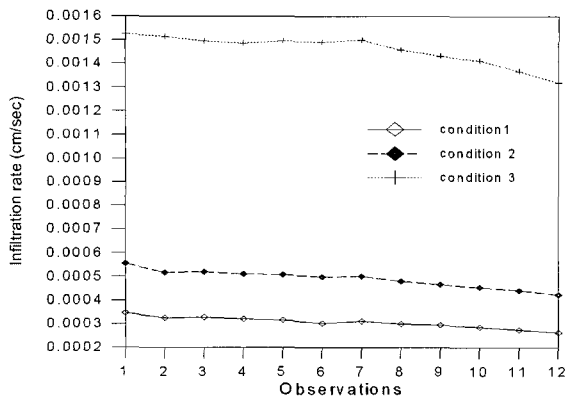


Fig. 4. Variation of infiltration rate according to soil compaction (with crust)

히 감소하여 조건 1의 경우 0.000346 cm/sec의 초기침투능이 시간이 경과함에 따라 감소하여 6일 경과 후 침투능은 0.000263 cm/sec로 점차 감소하였다. 조건 2의 경우 0.000554 cm/sec의 초기침투능이 시간이 경과함에 따라 감소하여 6일 경과 후 침투능은 0.000423 cm/sec로 점차 감소하였다. 조건 3의 경우 0.00153 cm/sec의 초기침투능이 시간이 경과함에 따라 감소하여 6일 경과 후 침투능은 0.00132 cm/sec로 점차 감소하였다.

따라서 침투정 설치 시 자연토양 상부에 모래와 자갈의 적절한 조절이 필요하다. 저류공간을 충분히 확보하기 위하여 자갈부의 높이를 크게 하는 경우 초기침투능과 시간 경과에 따른 침투능이 다른 조건 보다 크지만 자갈의 무게에 의한 하부모래의 압밀이 발생하여 침투능을 저하시킬 수 있다. 하지만 이 경우 자갈부 무게에 의한 압밀에 따른 침투능 저감은 자갈부 높이에 따른 수두증가 영향에 비하여 미미한 것으로 나타났다. 따라서 자연토양 상부에 하부 자연 토양의 다짐을 방지하기 위하여 가급적 얇은 깊이로 모래를 설치하고 가급적 굵은 자갈을 상부에 설치하여 저류능과 수두를 높여 침투능을 향상시키는 것이 바람직하다.

### 3.3.2 crust가 없는 경우

각기 다른 토양층의 조합에 의한 포화투수계수의 변화를 실험하였다. 이를 위하여 아크릴 기둥 하단부에 0.5~1.0 mm 크기의 시료를 43 cm 높이로 포화상태를 유지하면서 채워 넣고, 시료상단부에 0.25 mm이하, 0.25~1.0 mm, 1~2 mm, 2~4.75 mm, 굵은자갈(1~3 cm) 등 각기 다른 크기의 5가지 시료를 15 cm 높이로 각각 5개의 실험장비에 채워 넣었다(Fig. 5).

실험결과에 의하면 0.5~1.0 mm 시료의 상부에 1~3cm 크기의 자갈을 설치한 경우 가장 큰 투수계수를 보였으며, 그 다음으로 1.0~2.0 mm 시료와 2~4.75 mm

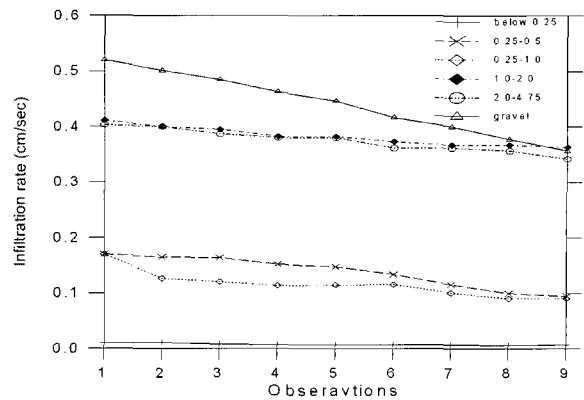


Fig. 5. Variation of infiltration rate according to soil compaction (without crust)

시료가 비슷한 침투능을 보였다. 그 다음으로 0.25~0.5 mm 시료와 0.25~1.0 mm 시료가 비슷한 침투능을 보였고 0.25 mm이하의 시료를 설치한 경우 가장 작은 침투능을 보였다. 이들 모두는 초기 침투능에 비해서 시간이 경과함에 따라 침투능의 감소를 보였다. 2~3 cm의 자갈의 경우 입자의 크기가 커서 침투능에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 사료되나, 시간이 경과함에 따라 침투능을 급격하게 저하시키는 것으로 볼 때 자갈 자체의 무게에 의한 하부토양 압밀에 의해서 다짐현상이 발생하여 전반적으로 침투능이 저하하는 것으로 보인다. 실험 시작 후 약 6일간 관찰한 결과 지속적인 침투능 감소를 관찰할 수 있었다. 실험결과에 의하면 침투정 설치 시 하부토양을 배치할 때 가급적 자갈과 같이 입경이 큰 재료를 모래상부에 설치함으로써 침투능을 향상시키는 물론 저류공간도 확보할 수 있을 것으로 사료된다. 하지만 실험결과에 의하면 설치 후 6일 경과 후부터는 다른 크기의 재료와 거의 동일한 침투능 향상 효율을 보여주었다. 따라서 실제 침투정 설치 시 강우 초기에 침투정의 침투능을 향상시키기 위해서는 모래위에 자갈을 설치하는 것이 바람직하나, 장기간에 있어서는 그 보다 작은 1.0 mm 이상의 토양도 자갈과 거의 동일한 침투능을 보이는 것으로 나타났다.

### 3.4 토양 다짐과 낙차영향이 침투능에 미치는 영향 실험

침투정 설치 시 침투정 하부에 0.5~1.0 mm의 모래와 상부에 직경 평균 1.5 cm의 자갈을 배치하는 경우 모래 상부에 위치한 자갈 높이(무게)와 낙차에 따른 투수계수변화를 연속적으로 관찰하였다. 조건 1의 경우 상부 자갈부 높이는 17 cm이고 낙차는 65 cm, 조건 2의 경우 상부 자갈부 높이는 30 cm이고 낙차는 52 cm,

조건 3의 경우 상부 자갈부 높이는 43 cm이고 낙차는 39 cm 그리고 조건 4의 경우 상부 자갈부 높이는 65 cm이고 낙차는 17 cm이다(Fig. 6).

조건 1의 경우에서 수행된 실험에서 초기에 0.336 cm/sec이던 침투능은 약 3일 경과 후 0.306 cm/sec 정도로 감소하였고, 그 이후 조건 2의 경우에 침투능은 0.305 cm/sec에서 0.310 cm/sec 정도로 감소하였다. 조건 3의 경우 0.30 cm/sec에서 침투능은 0.290 cm/sec로 감소하였고, 조건 4에서는 0.283 cm/sec 인 침투능이 0.258 cm/sec로 감소하였다. 자갈의 자중이 증가함에 따라 하단부 모래가 압밀되고 따라서 시간이 경과함에 따라 투수계수의 감소가 발생하고 있다. 침투능의 감소는 실험시작 후 약 5일 경과 후까지 계속되어 침투능의 지속적인 감소가 예상된다. 따라서 침투정을 설치하는 경우 상부 자갈층의 자중에 의한 하부 모래의 압밀을 고려하여 설치하는 것이 바람직하다. 분석 결과에 의하면 낙차 높이는 침투능에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

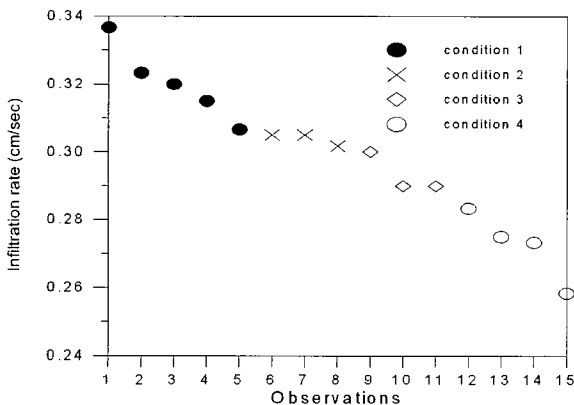


Fig. 6. Variation of infiltration rate according to soil compaction and effective head

#### 4. 결 론

본 연구에서는 침투정 설치 시 침투정 토양표면의 막힘 현상에 따른 침투능 감소 효과를 방지하기 위한 방안을 강구하고자 하였다. 각기 다른 토양특성에 따른 침투능의 변화를 알아보기 위하여 각기 다른 실험을 실시하였으며, 실험조건에 따른 침투능의 변화를 관찰하였다.

상부 crust가 침투능에 미치는 영향을 실험한 결과 부유토사의 유입에 따라서 상부 토양에 crust가 발생하고 시간이 경과함에 따라서 침투능에 영향을 미치고 있었다. 장기적으로 시간이 경과함에 따라서 침투능이 감소하는 경향을 보이는 것을 고려할 때 하부토양 내부에 부유토사의 침투에 따른 막힘현상이 발생되고 있

는 것으로 사료된다. 하지만 토양 상부에 존재하는 crust의 제거는 침투능의 증가를 발생시키는 것으로 나타났다. 따라서 침투정의 설치 시 침투정의 하부토양은 가급적 입경이 큰 토양을 설치함으로써 침투정으로부터 우수를 빠른 시간 내에 배수시킬 수 있을 것으로 사료되고, 주기적인 crust의 제거로 침투능의 향상을 유도할 수 있다.

침투정내에 토양다짐이 침투능에 미치는 실험을 수행한 결과 침투정 설치 시 자연토양 상부에 모래와 자갈 높이를 조절하는 것이 필요하다. 실험결과에 의하면 저류공간을 충분히 확보하기 위하여 자갈부의 높이를 크게 하는 경우 초기침투능과 시간 경과에 따른 침투능이 다른 조건 보다 크지만 자갈의 무게에 의한 하부모래의 압밀이 발생하여 침투능을 저하시킬 수 있다. 하지만 이 경우 자갈부 무게에 의한 압밀에 따른 침투능 저감은 자갈부 높이에 따른 수두증가 영향에 비하여 미미한 것으로 나타났다. 따라서 자연토양 상부에 하부 자연 토양의 다짐을 방지하기 위하여 가급적 얇은 깊이로 모래를 설치하고 가급적 굵은 자갈을 상부에 설치하여 저류능과 수두를 높여 침투능을 향상시키는 것이 바람직하다.

#### 감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비지원(과제번호 4-3-1)에 의해 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- Assouline, S., and Mualem, Y. (1997). "Modeling the dynamics of seal formation and its effect on infiltration as related to soil and rainfall characteristics." *Water Resources Research*, Vol. 33, No. 7, pp. 1527-1536.
- Assouline, S., and Mualem, Y. (2002). "Infiltration during soil sealing: The effect of areal heterogeneity of soil hydraulic properties." *Water Resources Research*, Vol. 38, No. 12, pp. 22-1~22-9.
- Baumhardt, R. L., Romkens, M. J. M., Whisler, F. D., and Parlange, J. Y. (1990). "Modeling infiltration into a sealing soil." *Water Resources Research*, Vol. 26, No. 10, pp. 2497-2505.
- Ben-Hur, M., Shainberg, I., Keren, R., and Gal, M. (1985). "Effect of water quality and drying on soil

- crust properties." *J. of Soil Sci. Soc. Am.*, Vol. 49, pp. 191-196.
- Ben-Hur, M., Shainberg, I., and Morin, J. (1987). "Variability of infiltration in a field with surface-sealed soil." *J. of Soil Sci. Soc. Am.*, Vol. 51, pp. 1299-1302.
- Bissonnais, Y. L., and Singer, M. J. (1992). "Crusting, runoff, and erosion response to soil water content and successive rainfalls." *J. of Soil Sci. Soc. Am.*, Vol. 56, pp. 1898-1903.
- Bresson, L. M., and Cadot, L. (1992). "Illuviation and structural crust formation on loamy temperate soils." *J. of Soil Sci. Soc. Am.*, Vol. 56, pp. 1565-1570.
- Edwards, W. M., and Larson, W. E. (1969). "Infiltration of water into soils as influenced by surface seal development." *Trans. of the ASAE*, pp. 463-470.
- Fox, D. M., and Bissonnais, Y. L. (1998). "Process-based analysis of aggregate stability effects on sealing, infiltration, and interrill erosion." *J. of Soil Sci. Soc. Am.*, Vol. 62, pp. 717-724.
- Helalia, A. M., Letey, J., and Graham, R. C. (1988). "Crust formation and clay migration effects on infiltration rate." *J. of Soil Sci. Soc. Am.*, Vol. 52, pp. 251-255.
- Hillel, D., and Gardner, W. R. (1970). "Transient infiltration into crust-topped profiles." *Soil Science*, Vol. 109, No. 2, pp. 69-76.
- Kutilek, M. (2003). "Time-dependent hydraulic resistance of the soil crust: Henry's law." *J. of Hydrology*, Vol. 272, pp. 72-78.
- Mualem, Y., Assouline, S., and Eltahan, D. (1993). "Effect of rainfall-induced soil deals on soil water regime: wetting processes" *Water Resources Research*, Vol. 29, No. 6, pp. 1654-1659.
- Morin, J., Benyamini, Y., and Michaeli, A. (1981). "The effect of raindrop impact on the dynamics of soil surface crusting and water movement in the profile." *J. of Hydrology*, Vol. 52, pp. 321-335.
- Philip, J. R. (1998). "Infiltration into crusted soils." *Water Resources Research*, Vol. 34, No. 8, pp. 1919-1927.
- Shainberg, I., Warrington, D. N., and Rengasamy, P. (1990). "Water quality and pam interactions in reducing surface sealing." *Williams & Wilkins*, Vol. 149, No. 5, pp. 301-307.
- Vandervaere, J. P., Peugeot, C., Vauclin, M., Jaramillo, R. A., and Lebel, T. (1997). "Estimating hydraulic conductivity of crusted soils using disc infiltrometers and minitensiometers." *J. of Hydrology*, Vol. 188, No. 1, pp. 203-223.

(논문번호:06-02/접수:2006.01.03/심사완료:2007.02.13)