

## 유공관 설치시 침투수의 차집을 연구

김성원\*, 김창영\*\*, 고병련\*\*\*, 이용두\*\*\*\*

\* Colorado State Univ., U.S.A, \*\* 제주산업정보대학 환경공학과  
\*\*\* 제주산업정보대학 토목과, \*\*\*\* 제주대학교 환경공학과

### 1. 서론

본 연구는 골프장의 그린과 티에서 주로 설치되고 있는 유공관을 연구대상으로 하여 강우시 혹은 관개시 유공관을 통해 차집되는 양을 파악하고 골프장 등에서 농약 및 비료성분이 지하로 침투, 유출을 방지하기 위해 제시되고 있는 유공관에서의 차집 여부의 안전성을 검토하고, 차집율의 증대방안을 제시하는데 중점을 두었다.

### 2. 차집형식 및 침투실험장치

#### 2-1. 차집형식

우수 및 표류수를 지표 하로 침투시켜 지하유공관으로 차집하는 방법은 침투된 물을 간접적으로 포획하는 형식으로 유공의 막힘현상을 최소화함으로써, 그 실효성을 얻을 수 있다. 본 연구에서 사용된 지하유공관의 매설 및 차집 형태는 홈(Trench)를 설치하여 홈에 저류된 침투수를 유공관을 통해서 못(Pond)으로 수송시키는 형식으로 혼합토층을 통과하는 동안 수질은 어느 정도 정화되면서 차집되는 이점을 갖고 있다.

#### 2-2. 침투실험장치

투명아크릴로 제작된 실내실험장치는 Fig 2.1에서 보는 바와 같이 크게 급수조, 침투장치, 유공관에 이동된 물을 차집할 수 있는 차집관 등으로 구성하였다. 실험장치의 총 높이를 1m로 하였으며, 유공관의 크기는 주관은  $\varnothing 100\text{mm}$ , 지관은  $\varnothing 75\text{mm}$ 로 실제 건설현장에서 많이 사용하는 유공관을 사용하였다.

실험에 사용된 혼합토층 등 실험재료의 구성은 다음과 같다.

① 혼합토층	모래	: 1.02m <sup>3</sup> (85%)	② 기반토층	: 0.7m <sup>3</sup>
	활성탄소	: 0.04m <sup>3</sup> (3%)	③ 조립사(자갈) 크기	: 10 ~ 50m/m
	맥반석	: 0.03m <sup>3</sup> (2%)	④ 부직포 규격	강도 3T/M
	지오라이트	: 0.04m <sup>3</sup> (3%)		중량 350g/m <sup>2</sup>
	바이오그로	: 0.09m <sup>3</sup> (7%)		

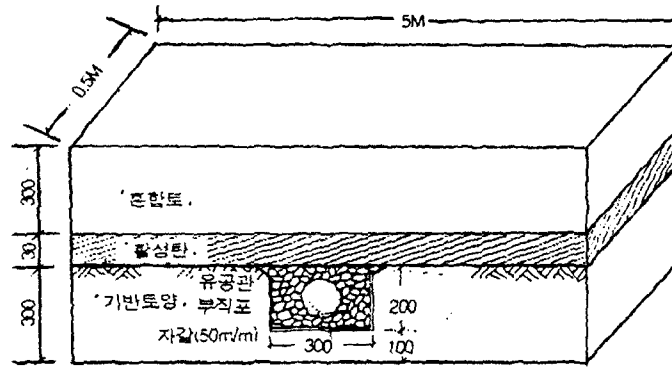


Fig 2.1 침투실험장치

### 3. 침투실험에 의한 유공관 차집율의 분석

#### 3-1. 물 다짐에 의한 침투실험

실험장비 설치시 시료의 다짐은 물다짐을 실시하였으며, 실험장비의 파손 등의 문제가 있어  $10^{-5}$ 이상의 투수계수를 인위적으로 만들기는 매우 곤란하였으며, 실험장비가 허용하는 범위에서 최대의 투수계수가 되도록 하였는데, 실험시 투수계수(K)는 혼합토층은  $3.82 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ , 그리고 기반토층의 투수계수는(K)는  $4.4 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ 였다. 이때의 원지반의 구배는 20%로 하였다. 침투실험은 Table 3.1과 같이 5회에 걸쳐 실시하였는데, 침투율 결과는 Table 3.2와 같다.

Table 3.1 침투실험

실험번호	침투시간 (min)	사용수량 (ℓ):A	유공관 차집량 (ℓ):B	지반 침투량 (ℓ):C	실험시료 잔류량 (ℓ):D	살수 강도 (mm/hr)	살수 시간 (min)
1	30	148.0	30.7	4.32	112.98	150	20
2	50	542.0	406.7	132.0	3.3	324	30
3	75	541.6	413.5	112.8	15.3	216	60
4	150	1374.5	1054.4	297.8	22.3	276	120
5	99	232.2	169.5	49.5	13.2	72	80

Table 3.2 침투율 결과

실험번호	B/A	C/A	D/A	시료 상태
1	0.21	0.03	0.76	불포화
2	0.75	0.24	0.01	부분포화
3	0.76	0.21	0.03	부분포화
4	0.77	0.22	0.01	포화
5	0.73	0.21	0.06	포화

### 3-2. 다짐 후 침투실험

다짐시험 방법으로는 한국공업규격(KS F 2312)에 규정된 방법에 의하여 D-2 방법을 적용하였는데, 이 시험에서 사용된 다짐대(Rammer)의 무게는 4.5kg 이며, 낙하고는 45cm, 층수는 5층, 타격횟수는 매층당 56회를 실시하였다. 그러나 다짐 후에도  $10^{-6}$  이 투수계수를 얻지 못할 경우는  $10^{-6}$  이 될 때까지의 다짐횟수를 증가시켜 다짐을 실시한 후  $10^{-6}$ 이 되도록 한 후 침투시험을 실시하였으며, 침투실험 결과는 Table 3.3과 같다.

Table 3.3 다짐후 침투실험의 결과

시험 방법	타격 횟수	다짐전시료높이 (A)	다짐후시료높이 (B)	A-B	투수계수 (cm/sec)	침투량 (cm/hr)
D-2	56	45cm	34.5cm	10.5cm	$2.55 \times 10^{-4}$	0.92
D-2	75	45cm	31cm	14.0cm	$9.72 \times 10^{-5}$	0.35
D-2	100	45cm	25cm	20.0cm	$8.3 \times 10^{-6}$	0.03

## 4. 고찰 및 검토

### 4-1. 수문곡선에 의한 고찰

침투실험에서 사용된 살수강도를 적용하여 강수-유출에 의한 유공관으로의 유출량을 같이 단일선형모델을 적용하여 그린과 티의 현장조건을 고려하여 모의 추정하였으며, 침투실험에서 얻은 유출량과 비교하였다.

### 4-2. 실험결과의 검토

#### 1) 침투실험 결과의 검토

실험을 실시한 결과, 유공관 차집율이 최소 73%에서 최대 77%로 평균 75%로 비교적 만족할 만한 값을 주고 있다. 특히 살수강도가 작은 경우가 살수강도가 큰 경우보다 안정상태로 도달하는 지하수위 형성이 빠르다는 것을 알 수 있으며, 유출속도는 살수강도가 큰 경우가 훨씬 빠르다는 것을 알 수 있었다.

#### 2) 다짐 후 침투실험 결과의 검토

다짐후 투수계수가  $10^{-5}$ 에서부터는 기반토층 하부로의 침투는  $10^{-4}$ 일때보다 약 1/4로 감소되어 침투가 일어나고 있다. 따라서 침투된 물이 유공관으로 차집될 수 있는 조건은 유공관을 설치전에 기반토층인 원지반의 다짐과 동수구배에 좌우된다는 사실을 알 수 있다. 이런 점을 감안하여 기반토층의 다짐에 대한 시공조건을  $10^{-5}$ 이상의 투수계수를 얻을 수 만 있다면, 시험결과로 볼 때 실제 유공관으로 차집되는 양은 최소 90% 이상을 상회할 것으로 판단되었다.

#### 3) 유공관에서 차집시의 문제점 및 개선방안

- (1) 유공관이 매설되는 홈(Trench)
- (2) 기반토층의 다짐
- (3) 기반토층의 동수구배
- (4) 혼합토층의 세사(모래) 선택

## 5. 결 론

골프장의 그린과 티에서 강우시 유공관을 통해 차집되는 양을 파악하여 지하로 침투되는 물로 인하여 발생하는 지하수 오염의 악영향을 최소화 하기 위하여 강우-침투 실험 및 해석을 실시하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 본 실험에서 살수강도(강우강도)가 작은 경우가 살수강도가 큰 경우 보다 안정상태로 도달하는 지하수위 형성이 빠르게 나타나고 있다.
- 2) 다짐후 투수계수를 낮추어 시간당 침투깊이에 대한 실험을 실시한 결과 흐름의 동적상태일때가 정적 상태일때보다 기반토층으로의 침투율이 절반이상 감소되고 있으며, 유공관으로의 차집율은 90~95%가 될 것으로 예상되었다.
- 3) 그린과 티에서 강수에 의한 유공관으로의 유출량 추정을 하기 위해 강우-유출 해석을 한 결과, 단일선형모델에 의해 해석한 유출량이 침투실험에서 얻은 실험치보다 다소 크게 나타나고 있지만 시간에 따른 유출형태는 유사하게 나타나고 있다.

## 참 고 문 헌

- 건설부, 국립건설시험소 : “지하수함양에 관한 조사실험”, 1984.12
- 고병련 : “물 수지 분석에 의한 제주지역의 지하수 침투량 추정”, 한국환경관리학회, 제2집, PP.80-91, 1996.3
- 박창근 외 : “다공질 매질에서 이력현상에 대한 실험적 연구”, 한국수자원학회 학술 발표회 논문집, 1995.5
- 선우중호외 : “비포화흐름에서 모세관 이력현상 모형의 고찰”, 대한토목학회논문집, 제 13권 제4호, 1993.9
- 이종남 : “경사면에서 지표포화지역의 동적 반응”, 제36회 수공학연구발표회논문집, 1994
- 石原安雄 : “우수의 수직침투에 관한 실험적 연구”, 경도대학방재연구소연보, 제9호, 1986
- 安勝義久외 : “우수의 수직 불포화 침투에 의한 지하수함양의 모델”, 일본수리과학지, Vol 30 no.6, 1987
- Poulvassilis, A., : “The Infiltration of the Initial Water Condition on the Redistribution of Soil Water after Infiltration”, Soil Science, 135(5), 1983