

## 침투트렌치 적용방안에 관한 실험적 연구

### An Experimental Study on the Application Method of Infiltration Trench

김윤태\*, 정도준\*\*, 이훈\*\*\*, 고택조\*\*\*\*

Yun Tae Kim, Do Joon Jung, Hoon Lee, Taek Jo Ko

#### 요 지

침투형 우수유출저감시설 중 침투트렌치에 대한 치수효과를 다양한 유입유량을 적용하여 실험하였고 침투량, 유출량, 유출 시작시간, 중기침투능 및 중기침투능에 도달하는 시간 등을 계측하여 정량적으로 분석하고 적용방안을 도출하고자 하였다. 수리실험에 사용된 침투트렌치의 규모는 배수구역을 130m<sup>2</sup>(6.5m×20m)로 가정하여 CN을 산정하였으며 그 결과 AMC-I 조건하에서 5개의 침투트렌치수심에 대하여 CN은 트렌치경사 2%일 때 84, 경사 5%일 때 83으로 산정되었고, AMC-III 조건하에서 CN은 트렌치 경사 2%, 5% 모두 84로 산정되었다.

**핵심용어 : 침투트렌치, 침투능, 선행토양함수조건, 수리실험**

#### 1. 서론

대규모 개발사업에 의한 불투수성 면적 증가 및 시공간적으로 불균형된 집중호우 및 돌발홍수가 지속적으로 발생함에 따라 재난 피해의 가장요인이 증가하고 있다. 그러나 이러한 가장요인 중 우수유출량을 저감시키기 위한 저류시설의 치수효과는 기존의 많은 연구를 통해 정량화 및 기준개발이 이루어졌으나, 침투시설의 경우에는 실험을 통한 정량화 연구가 상대적으로 부족한 현실이다. 최근에는 수문모형을 이용하여 침투형 우수유출저감시설의 저감효과를 분석할 수 있는 방법들이 연구되고는 있으나 수리실험과 이론적 연구를 통한 침투시설의 정량적 평가의 신뢰성을 확보할 필요가 있다.

본 연구에서는 수리실험을 통해 침투트렌치의 침투능을 산정하였으며 수심별로 유입유량을 적용하여 총 유입유량에 대한 침투량, 유출량, 유출 시작시간, 중기침투능 및 중기침투능 도달시간 등을 계측하여 우수유출저감시설 중 침투트렌치에 의한 저감효과를 실험에 의해 정량적으로 분석하고 적용방안을 도출하고자 하였다.

#### 2. 수리실험 개요

침투트렌치는 표준도면을 그림 1~그림 2와 같이 적용하여 제작하였고 외벽은 콘크리트, 토조 규모는 각 트렌치 관마다 3×4×10m이다. 트렌치관경은 250mm이고 관내부에 유량을 침투시키는 기능을 가지는 개공은 10cm<sup>2</sup> 당 직경 2cm의 원형으로 천공하였다. 유입부에는 유량을 조절할 수 있는 집수정 및 위어가 시공되어 있으며, 5m×5m×1m의 저류조와 집수정으로 유량을 공급해주는 펌프 및 유입유량을 측정할 수 있는 유량계를 설치하였고 유출부에는 유량을 실시간으로 측정할 수 있는 유량계를 설치하여 침투트렌치에서 침투가 발생하고 유출되는 양이 측정되도록 하였다.

\* 정회원 · 소방방재청 국립방재연구소 연구관 · E-mail : prooni@nema.go.kr  
\*\* 정회원 · 소방방재청 국립방재연구소 연구원 · E-mail : fassv96@nema.go.kr  
\*\*\* 정회원 · 소방방재청 국립방재연구소 연구원 · E-mail : hoonie12@nema.go.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 소방방재청 국립방재연구소 연구원 · E-mail : kotjo0329@nema.go.kr

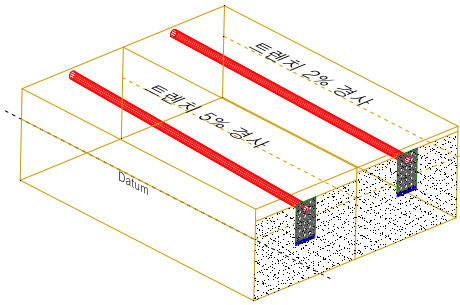


그림 1. 침투트렌치 토조부 입체면도

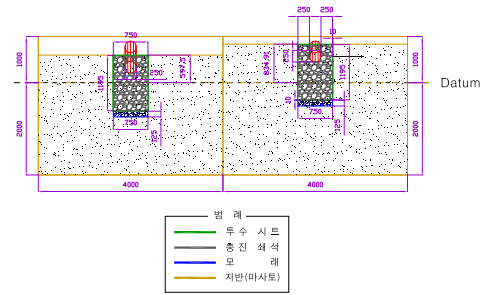


그림 2. 침투트렌치 토조부 단면도

### 3. 침투트렌치 수리실험

침투트렌치의 치수효과 분석을 위해 배수구역은 차선폭 3.0m인 편도 2차선 도로에 대하여 전체폭 6.5m, 침투트렌치 설치간격은 20m, 배수면적은 130㎡으로 가정하였다. 침투트렌치의 경사는 2%, 5% 2가지 경우에 대하여 모두 10m 길이의 침투트렌치에 대하여 수리실험을 수행하였다. 침투트렌치의 유입유량은 수심별로 적용하였으며, 총 유입유량에 대한 침투량, 유출량, 유출 시작시간, 종기침투능 및 종기침투능 도달시간 등을 산정하여 침투트렌치의 침투특성 및 유출저감효과를 계측하여 정량화하고자 하였다.

#### 3.1 침투트렌치 경사 2%

2% 경사 침투트렌치에 대한 수리실험 결과는 표 1과 같다. 선행토양함수조건 AMC-I에 대하여 트렌치 수심조건별로 유출증가 시작시간을 살펴보면, 수심조건 50, 100, 150, 200, 250mm에 대하여 25.3분, 14.2분, 11.7분, 7.9분, 3.5분으로 트렌치 수심이 증가함에 따라 유출증가 시작시간이 감소하였다. 또한 선행토양함수조건 AMC-III에 대하여 수심조건별로 유출증가 시작시간을 살펴보면, 각 강우강도에 대하여 20.9분, 10.9분, 5.9분, 4.9분, 1.0분으로 수심이 증가함에 따라 감소하는 것을 알 수 있다. 그림 3과 같이 선행토양함수조건 AMC-I에 대하여 수심조건별로 유출증가 시작전 초기침투능을 살펴보면, 59.7, 60.6, 60.2, 58.2, 58.8mm/hr로 수심조건에 상관없이 평균 59.5mm/hr의 초기침투능의 값을 갖는 것을 알 수 있다.

표 1. 2% 경사 침투트렌치 수리실험 결과

트렌치 수심 (mm)	선행토양 함수조건 (AMC)	지속 시간 (min)	총 유입유량 (m <sup>3</sup> )	유출증가 시작시간 (min)	초기 침투능 (mm/hr)	총 침투량 (m <sup>3</sup> )	종기 도달시간 (min)	종기 침투능 (mm/hr)
50	I	239.0	35.9	25.3	59.7	19.0	229.0	4.2
	III	220.5	33.0	20.9	57.7	16.4	210.5	4.4
100	I	156.5	41.7	14.2	60.6	11.9	146.5	8.2
	III	131.5	35.0	10.9	58.5	9.3	121.5	5.8
150	I	62.2	50.8	11.7	60.2	4.4	43.0	9.5
	III	55.1	45.0	5.9	57.3	2.9	33.5	5.5
200	I	45.2	67.8	7.9	58.2	3.4	37.0	12.5
	III	36.6	54.9	4.9	55.4	1.5	17.2	5.3
250	I	22.1	58.9	3.5	58.8	1.2	12.8	5.9
	III	18.8	50.2	1.0	54.7	0.6	6.6	3.5

선행토양함수조건 AMC-III에 대하여 수심조건별로 유출증가 전 초기침투능을 살펴보면 57.7, 58.5, 57.3, 55.4, 54.7mm/hr로 평균 56.7mm/hr의 초기침투능을 갖는 것을 알 수 있다. 유출증가 시작전 초기 침투능

은 AMC-I 조건의 평균값이 AMC-III 조건의 평균값보다 2.8mm/hr 더 크게 산정 되었다.

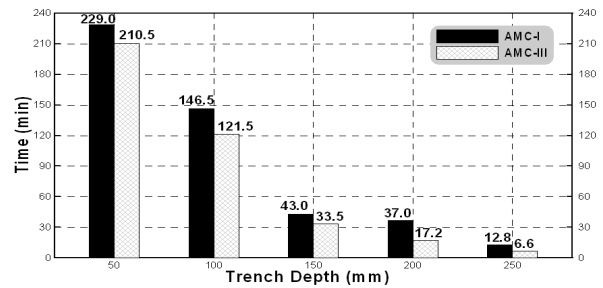
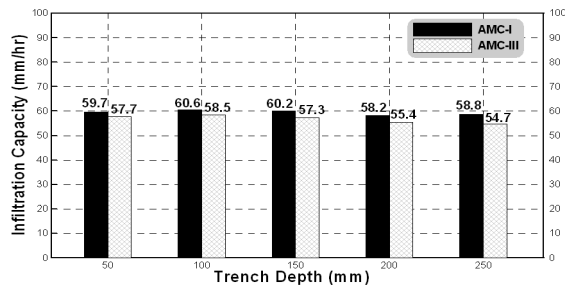


그림 3. AMC- I 과 III의 초기침투능 비교(2%)

그림 4. AMC- I 과 III의 종기침투능 도달시간 비교(2%)

선행토양함수조건 AMC- I 에 대하여 수심조건별로 종기 침투능을 살펴보면, 4.2, 8.2, 9.5, 12.5, 5.9mm/hr이고, AMC-III에 대하여는 각 수심조건별로 4.4, 5.8, 5.5, 5.3, 3.5mm/hr로 산정되었다.

그림 4와 같이 선행토양함수조건 AMC- I 에 대하여 수심조건별로 종기 침투능 도달시간을 살펴보면, 229.0 분, 146.5분, 43.0분, 37.0, 12.8분이고, AMC-III에 대하여는 각 수심조건별로 210.5분, 121.5분, 33.5분, 17.2, 6.6분으로 산정되었다. 그림 5와 같이 선행토양함수조건과 관계없이 수심이 증가할수록 종기침투능 도달시간은 수심조건 150mm까지 급격하게 감소하는 것으로 나타났고 수심조건 150mm 이상의 결과 또한 완만하게 감소하는 것으로 나타났다. 수심조건별로 총유입유량에 대한 총 침투량의 비는 선행토양함수조건 AMC- I 에 대하여 각 수심조건별로 52.9, 28.5, 8.7, 5.0, 2.0%이고, AMC-III에 대하여는 각 강우강도별로 49.7, 26.6, 6.4, 2.7, 1.2%로 수심조건 150mm까지 급격하게 감소하는 것으로 나타났고 200 및 250mm에 대한 값은 완만하게 감소하는 것으로 나타났다. 각 수심조건별로 선행토양함수조건에 따른 차이는 3.2, 1.9, 2.3, 2.3, 0.8%로 AMC-I 조건의 결과가 0.8~3.2% 범위내에서 AMC-III 조건보다 많이 침투 되는 것으로 산정되었다.

### 3.2 침투트렌치 경사 5%

5% 경사 침투트렌치에 대한 수리실험 결과는 표 2와 같으며 선행토양함수조건 AMC- I 에 대하여 트렌치 수심조건별로 유출증가 시작시간은 수심조건에 대하여 30.4분, 14.8분, 10.2분, 6.7분, 3.8분으로 트렌치 수심이 증가함에 따라 유출증가 시작시간이 감소하였다. 또한 선행토양함수조건 AMC-III에 대하여 수심조건별로 유출증가 시작시간을 살펴보면, 각 강우강도에 대하여 25.4분, 10.1분, 6.5분, 3.2분, 2.1분으로 수심이 증가함에 따라 감소하는 것을 알 수 있다.

표 2. 5% 경사 침투트렌치 수리실험 결과

트렌치 수심 (mm)	선행토양함수조건 (AMC)	지속 시간 (min)	총 유입유량 (m <sup>3</sup> )	유출증가 시작시간 (min)	초기 침투능 (mm/hr)	총 침투량 (m <sup>3</sup> )	종기 도달시간 (min)	종기 침투능 (mm/hr)
50	I	330.7	49.6	30.4	58.7	24.5	320.7	2.1
	III	238.8	35.9	25.4	55.8	17.1	228.8	3.0
100	I	160.6	42.8	14.8	59.4	11.9	150.6	5.4
	III	140.1	37.4	10.1	55.5	9.1	130.1	2.9
150	I	73.4	59.9	10.2	51.9	4.4	63.4	2.7
	III	55.4	45.3	6.5	49.9	2.6	39.3	2.0
200	I	47.3	71.0	6.7	56.7	2.4	29.5	5.1
	III	40.4	60.7	3.2	53.3	1.8	24.4	2.7
250	I	22.2	59.2	3.8	57.8	1.2	12.2	5.6
	III	20.4	54.4	2.1	47.4	0.8	10.5	4.2

그림 5와 같이 선행토양함수조건 AMC-I에 대하여 수심조건별로 유출증가 시작전 초기침투능을 살펴보면, 58.7, 59.4, 51.9, 56.7, 57.8mm/hr로 수심조건에 상관없이 평균 56.9mm/hr의 초기침투능의 값을 갖는 것을 알 수 있다. 또한 선행토양함수조건 AMC-III에 대하여 수심조건별로 유출증가전 초기침투능을 살펴보면 55.8, 55.5, 49.9, 53.3, 47.4mm/hr로 평균 52.4mm/hr의 초기침투능을 갖는 것을 알 수 있다. 유출증가 시작전 초기 침투능은 AMC-I 조건의 평균값이 AMC-III 조건의 평균값보다 4.5mm/hr 더 크게 산정되었다. 선행토양함수조건 AMC-I에 대하여 수심조건별로 중기 침투능을 살펴보면, 2.1, 5.4, 2.7, 5.1, 5.6mm/hr이고, AMC-III에 대하여는 각 수심조건별로 3.0, 2.9, 2.0, 2.7, 4.2mm/hr로 산정되었다.

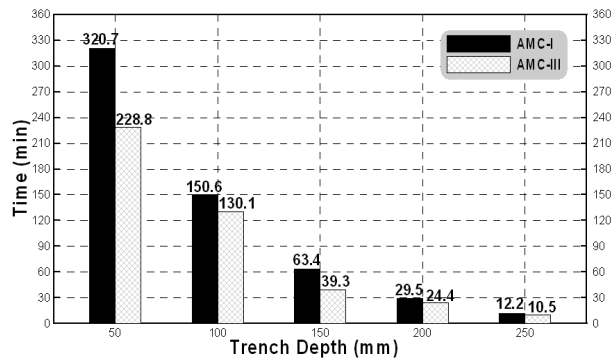
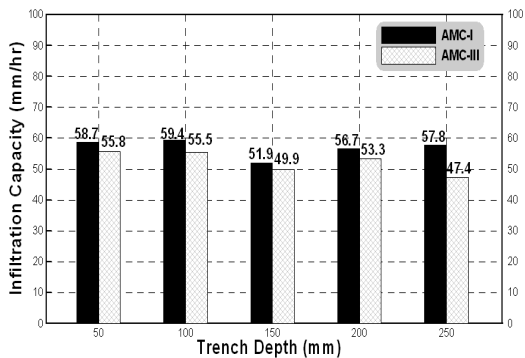


그림 5. AMC-I 과 III의 초기침투능 비교(5%)      그림 6. AMC-I 과 III의 중기침투능 도달시간 비교(5%)

선행토양함수조건 AMC-I에 대하여 수심조건별로 중기 침투능 도달시간은 그림6과 같이 320.7분, 150.6분, 63.4분, 29.5, 12.2분이고, AMC-III에 대하여는 각 수심조건별로 228.8분, 130.1분, 39.3분, 24.4, 10.5분으로 산정되었다.

선행토양함수조건과 관계없이 수심이 증가할수록 중기침투능 도달시간은 수심조건 150mm까지 급격하게 감소하는 것으로 나타났고 수심조건 150mm 이상의 결과는 완만하게 감소하는 것으로 나타났다. 수심조건별로 총유입유량에 대한 총 침투량의 비는 선행토양함수조건 AMC-I에 대하여 각 수심조건별로 49.4, 27.8, 7.3, 3.4, 2.0%이고, AMC-III에 대하여는 각 강우강도별로 47.6, 24.3, 5.7, 3.0, 1.5%로 수심조건 150mm까지 급격하게 감소하는 것으로 나타났고 200 및 250mm에 대한 값은 완만하게 감소하는 것으로 나타났다.

각 수심조건별로 선행토양함수조건에 따른 차이는 1.8, 3.5, 1.6, 0.4, 0.5%로 AMC-I 조건의 결과가 0.4~3.5% 범위 내에서 AMC-III 조건보다 많이 침투 되는 것으로 산정되었다.

#### 4. 침투트렌치 적용방안

침투트렌치의 수리실험을 통하여 NRCS 적용시 필요한 CN을 산정하였으며 앞서 언급한 바와 같이 침투트렌치의 길이별 해당하는 전체 배수구역의 면적은 130m<sup>2</sup>으로 가정한 상태에서 분석을 하였다.

표 3 및 표4와 같이 AMC-I 조건하에서 5개의 트렌치수심에 대하여 CN은 2%일 때 84, 5%일 때 83으로 산정되었고, AMC-III 조건하에서 CN은 2%, 5% 모두 84로 산정되었다.

따라서 침투트렌치의 유입유량의 규모상 선행토양함수조건에 관계없이 83~84의 값을 갖는 것으로 알 수 있다.

표 3. AMC-I 조건의 경사별 침투트렌치 CN 산정 결과

트렌치 수심 (mm)	강수량P (mm)		유출량Q (mm)		S (mm)		P/S		CN	
	2%	5%	2%	5%	2%	5%	2%	5%	2%	5%
50	248.1	352.7	119.5	187.4	169.7	206.2	1.46	1.71	60	55
100	293.0	301.2	209.9	218.2	86.4	85.7	3.39	3.51	75	75
150	265.2	391.0	239.1	364.6	23.4	23.1	11.36	16.94	92	92
200	425.5	339.3	402.4	322.9	20.0	14.1	21.27	23.99	93	95
250	256.0	244.0	254.7	242.1	1.1	1.6	235.47	153.27	100	99
CN	2% : 84		5% : 83							

표 4. AMC-III 조건의 경사별 침투트렌치 CN 산정 결과

트렌치 수심 (mm)	강수량P (mm)		유출량Q (mm)		S (mm)		P/S		CN	
	2%	5%	2%	5%	2%	5%	2%	5%	2%	5%
50	228.0	253.5	117.3	139.0	140.7	140.2	1.62	1.81	64	64
100	243.0	260.2	177.7	197.2	67.0	63.2	3.62	4.12	79	80
150	206.6	242.4	189.9	227.2	14.7	13.2	14.01	18.30	95	95
200	197.8	280.6	188.4	268.3	8.1	10.6	24.42	26.54	97	96
250	132.0	208.0	131.4	209.6	0.5	-1.3	263.17	-156.83	100	101
CN	2% : 84		5% : 84							

## 5. 결 론

침투트렌치 경사 2%에 대하여 AMC-I 조건의 수리실험 결과 트렌치 수심조건 50, 100, 150, 200, 250mm에 대한 중기 침투능은 4.2, 8.2, 9.5, 12.5, 5.9mm/hr로 평균 8.06mm/hr이고, AMC-III 조건하에서는 4.4, 5.8, 5.5, 5.3, 3.5mm/hr로 평균 4.9mm/hr로 산정되었다. 침투트렌치 경사 5%에 대하여는 AMC-I 조건하에서 수리실험 결과 2.1, 5.4, 2.7, 5.1, 5.6mm/hr로 평균 4.18mm/hr이고, AMC-III에 대하여는 각 수심조건별로 3.0, 2.9, 2.0, 2.7, 4.2mm/hr로 평균 2.96mm/hr로 산정되었다.

실험결과를 이용하여 NRCS 적용시 필요한 CN을 산정하였으며 그 결과 AMC-I 조건하에서 5개의 침투트렌치수심에 대하여 CN은 경사 2%일 때 84, 경사 5%일 때 83으로 산정되었고, AMC-III 조건하에서 CN은 2%, 5% 모두 84로 산정되었다. 따라서 침투트렌치의 유입유량의 규모상 선행토양함수조건에 관계없이 83~84의 값을 갖는 것으로 분석되었다.

## 참 고 문 헌

1. 소방방재청(2009). 개발계획 수립시 침투시설 적용방안.
2. 이재웅, 여운광, 심재현, 강태호(2001). "투수성포장재를 이용한 우수유출 저감효과 분석" 한국수자원학회 논문집, pp. 335-340.
3. 이훈, 정도준, 김영복, 김윤태(2009). "투수성포도블록의 침투능 분석에 관한 실험적 연구" 한국방재학회 논문집, 제9권 4호, pp. 99-106.
4. SVR design company(2004). "High point community site drainage technical standards".
5. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.(1986), "US SCS, Urban Hydrology for Small Watersheds, Technical Release No 55(TR-55). U.S. Department of Agriculture".