

국민안전처 고시 제2016-81호

「우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및
유리관리기준」

우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

2016. 6.



목 차

제 1 장 총 칙	1
1.1 목 적	3
1.2 적용 범위	3
1.3 우수유출저감시설의 정의·설치 목적	6
1.4 우수유출저감시설의 분류	8
1.5 우수유출저감시설의 종류	9
제 2 장 우수유출저감대책 수립	11
2.1 목 적	13
2.2 배수구역 및 목표연도의 설정	15
2.3 목표연도 확률강우량 결정	17
2.3.1 우량관측소의 설정	17
2.3.2 지속기간별 강우량자료 수집	18
2.3.3 확률강우량 산정	19
2.3.4 강우강도식 유도	22
2.3.5 설계강우의 빈도 설정	22
2.3.6 설계강우의 시간분포 방법 결정	23
2.3.7 확률 강우 증가량 산정	23
2.4 목표연도 불투수면적 비율 결정	25
2.4.1 유출곡선지수(CN)의 개요	25
2.4.2 CN값을 이용한 유효우량 결정	29
2.5 홍수유출 해석	31
2.5.1 홍수도달시간 산정	31
2.5.2 홍수량 산정 방법 결정	31
2.5.3 임계지속기간을 고려한 홍수량 산정	32

2.5.4 현재 및 목표연도의 유출총량 산정	33
2.6 우수유출 목표저감량 산정	33
2.7 우수유출 목표저감량 배분	34
2.7.1 우수유출저감시설 배치계획시 고려사항	35
2.7.2 단계별 고려사항(지역외 저류시설)	36
2.7.3 형식별 고려사항(지역외 저류시설)	37
2.8 지역외 우수유출저감시설 규모계획	37
2.9 지역내 우수유출저감시설 규모계획	39
 제 3 장 저류시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준	41
3.1 저류시설의 종류	43
3.1.1 지역외(Off Site) 저류시설	44
3.1.2 지역내(On Site) 저류시설	48
3.2 저류시설 계획	57
3.2.1 저류시설 계획	57
3.2.2 저류시설의 다목적 이용계획	58
3.2.3 방류구 시설계획	59
3.3 저류시설의 유지관리	61
3.3.1 개 요	61
3.3.2 일반관리	61
3.4 저류시설 모니터링 시방서	67
3.3.1 목 적	67
3.3.2 제어·계측 시스템 구성 및 운영	67
 제 4 장 침투시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준	77
4.1 침투시설의 계획수립을 위한 조사 및 시험	79
4.1.1 현장조사	79

4.1.2 자료조사	80
4.1.3 토질·지하수위 조사	83
4.1.4 현장침투시험	86
4.2 침투시설의 규모계획	94
4.2.1 설계침투량의 산정	96
4.2.2 투수성 보도블록의 CN	105
4.2.3 침투트렌치의 CN	110
4.2.4 침투집수정의 CN	111
4.3 침투시설의 배치계획	112
4.3.1 설치수량의 기준	112
4.3.2 설치장소의 주의사항	112
4.3.3 시설의 조합	112
4.4 침투시설의 종류, 시공 및 유지관리	113
4.4.1 침투통	113
4.4.2 침투트렌치	132
4.4.3 침투측구	140
4.4.4 투수 시멘트 콘크리트 포장	147
4.4.5 투수 아스팔트 콘크리트 포장	161
4.4.6 투수성 보도블록	172
제 5 장 행정사항	182
5.1 재검토기간	184

제1장

총 칙

- 1.1 목 적
- 1.2 적용 범위
- 1.3 우수유출저감시설의 정의·설치 목적
- 1.4 우수유출저감시설의 분류
- 1.5 우수유출저감시설의 종류

우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

제1장 총 칙

1.1 목 적

- 본 기준은 『제19
16
강우시 우수의 직접 유출을 억제하기 위하여 인위적으로 우수를
지하에 침투시키거나 저류시키는 시설(“ ”)라
한다) | 관한 종류 · . 설치 및 유지관리기준을 정하여 재해를
경감시키는데 그 목적이 있다.

【해설】

「자연재해대책법시행령」 제16조 제1항의 규정에 의한 우수유출저감시설의 설치대상사업에 대하여 동조 제3항의 규정에 의거 우수유출저감시설의 구조·설치 및 유지관리 등에 필요한 세부적인 사항은 국민안전처장관이 관계중앙행정기관의 장과 협의하여 정하도록 하고 있다.

1.2 적용 범위

- 다음 사항에 대하여 본 기준을 적용한다.
 - 개발사업에 따른 우수유출저감대책 수립 및 사전재해영향성 검토
 - 풍수해저감종합계획 수립
 - 자연재해위험지구정비사업
 - 재해위험개선사업
 - 재해복구사업
 - 기존 도시에 대한 침수피해 예방 등 도시방재성능 상향을 위한 우수 유출저감대책 수립 시

【해설】

- 「자연재해대책법시행령」 제16조 제1항에서 명시하는 우수유출저감 시설의 설치 대상사업은 다음과 같다.
 - ① 「관광진흥법」 제2조제6호 및 제7호의 규정에 의한 관광지 및 관광단지개발사업
 - ② 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제6호의 규정에 의한 기반시설 중 유원지, 공원, 운동장, 유통업무설비, 유수지 또는 주차장의

도시계획시설사업

- ③ 「온천법」 제7조의 규정에 의한 온천개발사업
- ④ 「도시개발법」 제2조제1항제2호의 규정에 의한 도시개발사업
- ⑤ 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 제28조에 따른 특수산림사업지구으로 지정된 지역 안에서의 청소년수련사업·휴양시설조성사업
- ⑥ 「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제2조제5호의 규정에 의한 산업단지조성사업
- ⑦ 「산지관리법」 제25조의 규정에 의한 채석허가를 득하여 시행하는 사업
- ⑧ 「유통단지개발 촉진법」 제2조제1호의 규정에 의한 유통단지개발사업
- ⑨ 「주택법」 제2조제4호의 규정에 의한 주택단지조성사업
- ⑩ 「체육시설의 설치·이용에 관한 법률」 제2조제1호의 규정에 의한 체육시설 중 골프장사업
- ⑪ 「택지개발촉진법」 제2조제3호의 규정에 의한 택지개발예정지구로 지정하여 추진하는 택지개발사업
- ⑫ 「도시 및 주거환경정비법」 제2조제2호 나목 및 라목에 따른 주택재개발사업 및 도시환경정비사업
- ⑬ 「도시공원 및 녹지 등에 관한 법률」 제2조제3호에 따른 도시공원의 조성사업
- ⑭ 「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」 제13조에 따른 공장의 설립
- ⑮ 「장사 등에 관한 법률」 제13조에 따른 공설묘지의 설치
- ⑯ 「유통산업발전법」 제2조제15호에 따른 공동집배송센터의 조성사업
- ⑰ 「화물유통촉진법」 제2조제7호에 따른 화물터미널
- ⑱ 「국민임대주택건설 등에 관한 특별조치법」 제2조제2호에 따른 국민임대주택단지의 조성사업
- ⑲ 「지역균형개발 및 지방중소기업 육성에 관한 법률」 제9조에 따른 개발촉진지구의 개발사업
- ⑳ 「고등교육법」 제2조에 따른 학교를 설립하는 경우의 건축공사
- ㉑ 「지방소도읍 육성 지원법」 제4조의 지방소도읍 지역에 대한 종합적인 육성계획에 따른 개발사업
- ㉒ 「농어촌주택 개량촉진법」 제5조에 따른 농어촌주거환경개선사업

- ㉓ 「농어촌정비법」 제2조제7호에 따른 농어촌생활환경정비사업
 - ㉔ 「중소기업진흥 및 제품구매촉진에 관한 법률」 제31조제1항에 따른 단지조성사업
 - ㉕ 「도시철도법」 제3조제4호에 따른 도시철도사업(부지조성이 수반되는 경우에 한한다)
 - ㉖ 「항공법」 제2조제8호에 따른 공항개발사업(부지조성이 수반되는 경우에 한한다)
 - ㉗ 「수도권신공항건설촉진법」 제2조제2호에 따른 신공항건설사업(부지조성이 수반되는 경우에 한한다)
 - ㉘ 「임업 및 산촌 진흥촉진에 관한 법률」 제25조의 산촌생태마을 조성사업
 - ㉙ 「건축법」 제29조에 따른 건축협의 대상 중 대지면적 2천 제곱미터 이상이거나 건축연면적이 3천 제곱미터 이상인 건축(신축·증축·개축·재축 또는 이전을 포함한다)
 - ㉚ 「주택법」 제16조에 따른 주택건설사업계획의 승인 대상 건축물
 - ㉛ 지방자치단체의 조례로 정하는 개발사업 또는 시설물
- 『자연재해대책법시행령』 제3조 제4호의 규정에 의한 개발사업 시행으로 인한 재해영향의 예측 및 저감을 위해 우수유출저감 대책이 포함된 사전재해영향성검토 시 적용한다.
 - 『자연재해대책법시행령』 제13조 제1항 제7호의 규정에 의한 풍수 해예방 및 저감을 위해 우수유출저감대책이 포함된 풍수해저감종합계획 수립 시 적용한다.
 - 『자연재해대책법시행령』 제8조 제1항 제1호의 규정에 의한 자연재해위험지구 중 침수위험지구 정비사업 시 우수유출저감대책이 포함된 경우에 본 기준을 적용한다.
 - 『재해위험 개선사업 및 이주대책에 관한 특별법』 제2조 제3호의 규정에 의한 우수유출저감대책이 포함된 재해위험개선사업계획 수립 시 적용한다.
 - 『자연재해대책법시행령』 제36조의2(대규모복구사업) 및 제40조의 규정에 의한 재해복구사업에 우수유출저감대책이 포함된 경우에는 본 기준을 적용한다.
 - 우수저류시설 설치사업 등 기준 도시에 대한 침수피해 예방 등 도시

우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

방재성능 상향을 위한 우수유출저감대책 수립 시 적용한다.

1.3 우수유출저감시설의 정의·설치 목적

- 이상기후, 녹지개발로 인하여 우수의 직접유출량이 증가됨에 따라 우() (河道)에서 수용할 수 있는 홍수량을 초과하는 우수유출이 발생하는 실정임
- 이에 따라, 우수의 직접유출량을 저감시키거나 첨두유출 시간을 자연시키기 위하여 설치하는 시설을 “ ”이라 한다

【해설】

- 우수유출저감시설은 저감목표에 따라 크게 두 가지로 분류 가능하다.
 - ① 현 시점에서 발생하는 초과우수유출량을 저감시키기 위한 시설
 - ② 개발로 인하여 증가되는 우수유출량을 상쇄시키기 위한 시설
- 위와 같이 구분된 저감시설 중 ‘현 시점에서 발생하는 초과우수유출량을 저감시키기 위한 시설’은 대부분 공공목적으로 설치되며, 지역외(Off Site) 저류시설의 형태로 설치되는 것이 일반적이다. 또한, 해당 배수구역의 홍수유출 해석에 의하여 시설 규모를 결정하는 것이 일반적인 방법이다.
- 지역외 저류시설은 배수구역내 저지대의 침수를 방지하기 위한 공공의 목적으로 설치되는 경우가 많으므로, 다음의 사항을 반드시 고려하여 계획하여야 한다.
 - ① 비용대비 최대 효과를 얻을 수 있어야 함
 - ② 설치 가능한 최적장소가 선정되어야 함
 - ③ 배수구역내 다른 홍수방어시설과 연계될 수 있어야 함
- 위와 같이 구분된 저감시설 중 두 번째 ‘개발로 인하여 증가되는 우수유출량을 상쇄시키기 위한 시설’은 지역내(On Site) 저류시설의 형태로 설치되는 것이 일반적이며, 홍수유출 해석 없이 개발로 인한 우수의 직접유출 증가량을 당해지역에서 저류 또는 침투시키는 것이 일반적인 방법이다.
- 지역내 저류시설은 불투수 면적 증가에 따른 우수의 직접유출 증가량의 계산이 가능할 경우 이에 따라 설치규모를 결정할 수 있으나 그렇지 않은 경우 지역 내 저류시설은 2.9절에 설명된 절차와 같이 계획하도록 한다.

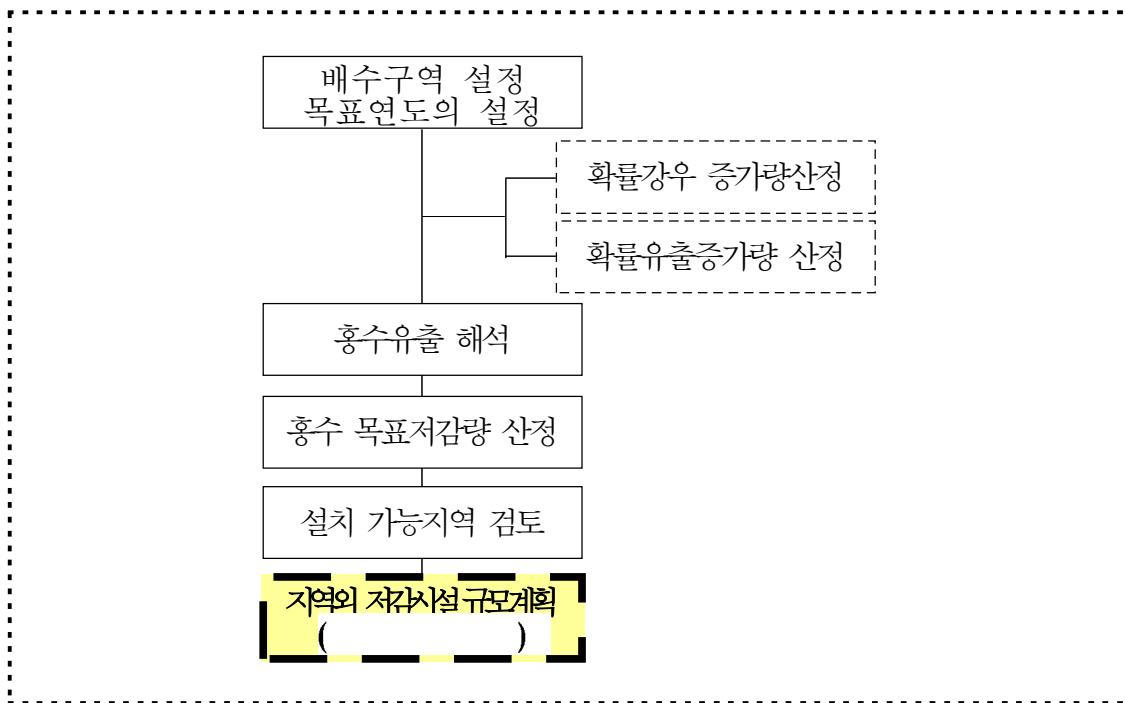


그림 1.1 지역외 저류시설 계획 절차

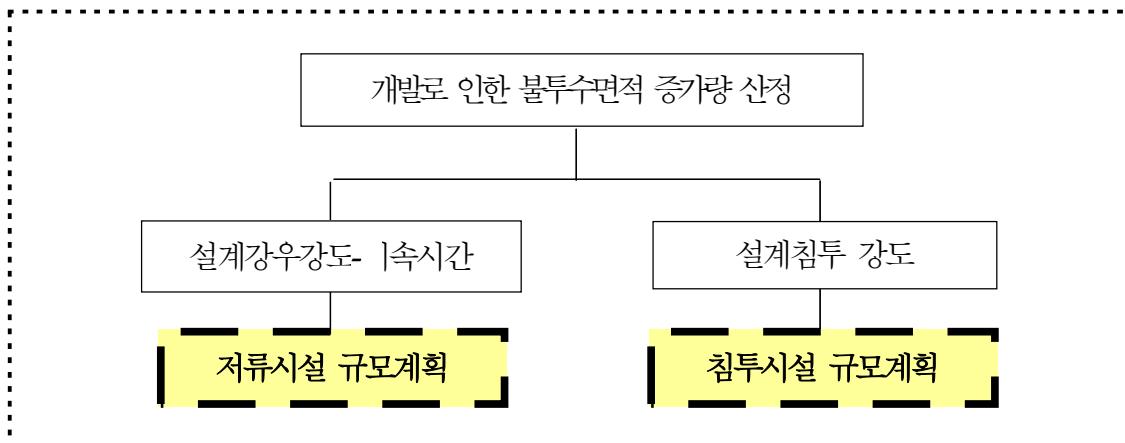


그림 1.2 지역내 저류시설 계획 절차

1.4 우수유출저감시설의 분류

- 우수유출저감시설은 저감 방법에 따라 다음과 같이 구분한다
 - : , 침투시설
- 저류시설은 사용용도,
 - : , 전용 저류시설
 - : (On Site) , (Off Site) 저류시설
 - : (On Line) , (Off Line) 저류시설

【해설】

- 저류시설이란 우수가 유수지 및 하천으로 유입되기전에 일시적으로 저류시켜 바깥수위가 낮아진 후에 방류하여 유출량을 감소시키거나 최소화 하기 위하여 설치하는 유입시설, 저류지, 방류시설 등의 시설을 말하며, 사용용도에 따라 침수형저류시설과 전용저류시설로 구분하며, 장소에 따라 지역외(Off Site) 저류와 지역내(On Site) 저류로 구분 한다.
- 침투시설이란 우수의 직접유출량을 감소시키기 위하여 지반으로 침투를 용이하게 고안된 시설을 지칭하며, 대부분 당해지역(On Site)에서 발생한 우수 유출량을 해당지역에서 침투시킬 수 있도록 설치된다.
- 침수형 저류시설이란 평상시 일반적인 용도로 사용되나 폭우시 우수가 차오르도록 고안된 시설을 지칭한다. 공원, 운동장, 주차장 등 상대적으로 저지대에 배치된 공공 시설물이 이에 해당할 수 있다.
- 전용 저류시설이란 평상시 빈 공간으로 유지되며, 강우시 우수를 저장하기 위한 목적으로 인위적으로 설치된 시설을 말한다. 지하저류지 등이 이에 해당된다.
- 지역내(On Site) 저류시설이란 해당지역에서 발생한 우수유출량을 해당지역에서 저류할 수 있는 시설을 지칭한다.
- 지역외(Off Site) 저류시설이란 해당지역 및 해당지역 외부에서 발생한 우수유출량을 해당지역에서 저류할 수 있는 시설을 지칭한다. 관거와의 연결 형식에 따라 관거내(On Line)저류시설, 관거외(Off Line)저류시설로 구분할 수 있다.

1.5. 우수유출저감시설의 종류

·침투시설 및 저류시설의 종류에 대해 『자연재해대책법』에서는 해설과 같은 종류를 제안하고 있으며, 기타 동등한 성능을 발휘할 수 있는 시설역시 설치 가능하다

【해설】

- 저류시설은 다음과 같은 종류가 있다
 - ① 쇄석공극 저류시설
 - ② 운동장 저류
 - ③ 공원저류
 - ④ 주차장저류
 - ⑤ 단지내 저류
 - ⑥ 건축물 저류
 - ⑦ 공사장 임시저류지
 - ⑧ 유지·습지 등 자연형 저류시설
- 침투시설은 다음과 같은 종류가 있다.
 - ① 침투통
 - ② 침투측구
 - ③ 침투트렌치
 - ④ 투수성 포장
 - ⑤ 투수성 보도블럭
- 기타시설 : 자연재해대책법에 명시되어 있지 않으나, 우수유출 저감 성능이 우수한 시설은 다음과 같다
 - ① 물데 시스템
 - ② 지붕 녹화 등

제2장

우수유출저감대책 수립

- 2.1 목 적
- 2.2 배수구역 및 목표연도의 설정
- 2.3 목표연도 확률강우량 결정
- 2.4 목표연도 불투수면적 비율 결정
- 2.5 흉수유출 해석
- 2.6 우수유출 목표저감량 산정
- 2.7 우수유출 목표저감량 배분
- 2.8 지역외 우수유출저감시설 규모계획
- 2.9 지역내 우수유출저감시설 규모계획

제2장 우수유출저감대책 수립

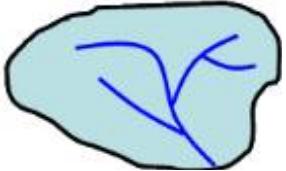
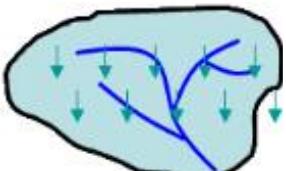
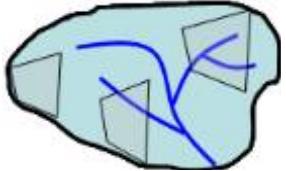
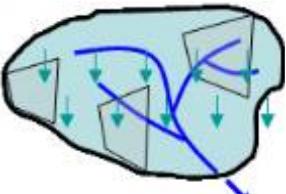
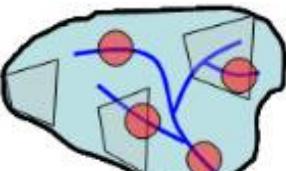
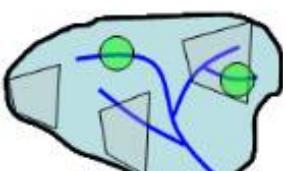
2.1 목 적

- 최근 이상기후로 인한 강우강도 증가와 자연녹지의 개발 및 도시화로 인하여 연결 관거 및 하도의 홍수방어능력을 초과하는 우수유출 빈도가 급증하고 있다
-]에 대한 대책으로는 배수구역내 우수유출저감시설을 설치하여 우수의 직접 유출량을 경감하는 것이 효과적이다
- 이를 위하여, 배수구역 단위의 우수유출저감대책을 수립하여 최상의 효과를 이룰 수 있도록 하여야 한다

【해설】

- 우수유출저감대책은 현재 또는 향후 예상되는 배수구역내 우수의 초과 유출량 중 현재 발생하는 초과 유출량 및 이상기후로 발생하는 초과 유출량은 공공부문에서 지역외 저류시설의 형태로 분담토록 하며, 불투수면적 증가로 인한 초과 유출량 증가분은 개발 당사자가 지역내 저류 또는 침투시설을 설치하여 분담토록 수립되어야 한다.
- 이에 따라, 배수구역 단위의 우수유출저감대책을 수립하여 최소한의 비용으로 최적의 효과를 달성할 수 있도록 하여야 한다.
- 우수유출저감대책에는 다음 사항을 포함하여야 한다.
 - ① 배수구역의 설정, 목표연도 설정
 - ② 목표연도 확률강우량 결정 (확률강우량 증가추이 적용)
 - ③ 목표연도 불투수면적 비율 결정 (불투수면적 증가추이 적용)
 - ④ 홍수유출해석 (우수유출 목표 저감량 결정)
 - ⑤ 설치가능 지역의 검토
 - ⑥ 저감시설 규모계획 (목표 저감량 배분)
 - ⑦ 불투수면적 증가에 따라 증가하는 우수의 직접유출량 저감을 위한 저류 및 침투량 결정

표 21 우수유출저감시설 기본계획 절차

1		<ul style="list-style-type: none"> • 우수구역 설정 • 목표연도 설정
2		<ul style="list-style-type: none"> • 물량강우량 증가 추이 결정 <ul style="list-style-type: none"> - 목표연도 확률강우량 결정
3		<ul style="list-style-type: none"> • 불투수면적 증가계획() 산정 <ul style="list-style-type: none"> - 목표연도 불투수면적비율 결정
4		<ul style="list-style-type: none"> • 우수유출해석 <ul style="list-style-type: none"> - 목표연도 확률강우량, 불투수면적비율 적용 - 목표 저감량 결정
5		<ul style="list-style-type: none"> • 설치가능지역 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 지역외 저류시설 선정 기준 적용
6		<ul style="list-style-type: none"> • 지역외 저류시설 규모계획 <ul style="list-style-type: none"> - 목표 저감량 배분 <ul style="list-style-type: none"> , 하도에 따른 계획 - : 50 ! 빙도 이상 - : 연결관거 설계빙도에 맞도록 계획

2.2 배수구역 및 목표연도의 설정

- '수유출저감시설 기본계획을 수립하는 배수구역의 선정은 해당 구역에 저감시설을 설치함으로써 저감효과가 나타날 수 있는 구역이어야 한다
- '토공간계획체계의 도시계획을 고려하여 목표연도를 선정하여야 하며, 5 20 .

【해설】

- 배수구역은 서로 다른 두개 이상의 행정구역에 걸쳐 선정될 수 있으며, 우수유출저감시설 기본계획상의 배수구역은 행정구역 구분과는 다르게 지역내 배수체계에 따라 설정되어야 한다. 우수유출저감시설 기본계획으로 도출된 우수유출 목표저감량의 배분은 행정구역에 따라 자치단체별 설정을 고려한 배분이 이루어져야 한다.
- 배수구역별 목표저감량은 현시점에서의 수해방지 목표가 아닌 장기적인 배수구역내 수해방지를 주된 목표로 삼아야 한다. 따라서, 목표연도를 최소 5년이상 최대 20년이하로 설정하여 목표저감량을 산정하여야 한다.
- 목표연도는 대상배수구역의 도시계획, 풍수해저감종합계획 또는 하천정비기본계획의 수립시기와 수립주기를 종합적으로 판단하여 설정하여야 한다(표 2.2).

표 2.2 홍수관련 개별법에 의한 각종계획 현황

2.3 목표연도 확률강우량 결정

·과거 강우기록 증가추이를 바탕으로 목표연도내 확률강우량을 결정하여 우수유출저감시설 기본계획을 수립하도록 한다.

【해설】

- 강우경향성 분석을 통해 현시점대비 목표연도 확률강우증가율을 분석하여야 한다.
- 대상배수구역의 확률강우량에 대해 지속시간별 강우증가율에 따른 확률강우증가율을 산정하여 목표연도 확률강우량을 결정하여야 한다.

2.3.1 우량관측소의 선정

·적용 우량관측소가 해당배수구역내에 존재하지 않을 경우 가장 인접한 우량관측소를 선정함을 원칙으로 한다.
·시우량자료 보유년수가 30년 이상인 관측소를 선정함을 원칙으로 하며, 지형 및 기상특성상 이를 적용하기 곤란할 경우에는 최소한 20년 이상의 관측기록을 보유한 관측소를 대상으로 하여야 한다.

【해설】

- 강우분석용 자료를 수집하기 위해서는 우선적으로 기상청에서 관측하고 있는 관측소를 선정하여야 한다.
- 강우분석을 위해 사용하는 기법이 통계분석이므로 강우관측기간이 가급적 장기간일수록 적절하며, 시우량자료 보유년수가 30년 이상인 관측소를 선정하도록 한다.
- 하지만, 해당지역의 지형 및 기상특성상 이를 적용하기 곤란한 경우 다른 관측소를 선정하되 최소 시우량자료 보유년수가 20년 이상인 관측소를 선정하도록 한다.

2.3.2 지속기간별 강우량자료 수집

- 연최대치 강우량 자료는 지속기간별로 10분, 60분 및 1시간~24시간(24개 지속시간)의 자료를 수집하여야 한다.
- 강우분석에 필요한 자료는 임의시간 강우량자료이어야 하며, 임의시간 강우량자료의 수집이 곤란한 경우에는 고정시간 강우량자료를 ‘하천설계기준’ 등에서 제시하고 있는 환산계수를 적용하여 임의시간 강우량자료로 변환하는 방법을 적용할 수 있다.

【해설】

- 홍수량 산정시 첨두홍수량 또는 첨두저수위(첨두방류량)가 최대가 되는 강우지속기간인 임계지속기간(Critical Duration) 개념이 도입되므로, 연최대치 강우량 자료는 10분, 60분 및 1시간~24시간까지(24개 시간) 등의 지속기간별로 수집하여야 한다.
- 수문학적 지속기간은 고정시간이 아닌 임의시간을 의미하며, 임의시간 연최대치 강우량자료는 자기기록지를 판독하여 수집하여야 한다. 하지만, 우리나라의 경우 이와 같은 임의시간 강우량자료는 관측년수가 짧고 그나마 장단기간 결측으로 자료가 부족하므로, 대안으로 고정시간 시우량(Clock-Hour Rainfalls) 자료를 수집하여 사용할 수도 있다.
- 이러한 고정시간 시우량자료를 사용하는 경우에는 ‘하천설계기준’ 등에서 제시하고 있는 표 2.3과 같은 환산계수를 적용하여 고정시간 시우량자료를 임의시간 강우량자료로 변환하여야 하며, 환산계수의 회귀곡선식은 다음과 같다.

$$Y = 0.1266537598 \cdot X^{-1.316664723} + 1.002408998$$

여기서, Y는 환산계수, X는 강우지속기간(Hr)이다.

표 2.3 고정시간- 임의시간 환산계수

고정지속기간	임의지속기간	환산계수
1시간	60분	1.129(1.13)
3시간	180분	1.033
6시간	360분	1.013(1.02)
24시간	1440분	1.005(1.01)
1일	1440분	1.161(1.13)

주) ()내는 미국 기상국(1958)의 제안 값

2.3.3 확률강우량 산정

- 확률강우량은 FARD와 같은 전산 프로그램을 이용하여 산정한다.
- 확률강우량 산정결과의 적정성을 검토하기 위해 기존분석결과가 있는 경우 반드시 비교하여 검토를 실시하여야 한다.

(1) 분석대상 재현기간의 선정

- 확률강우량 산정시 분석대상 재현기간은 10, 20, 30, 50, 100년의 5개를 기본적으로 선정하고 필요시에는 추가한다.

【해설】

- 확률강우량 산정시 분석대상 재현기간은 10, 20, 30, 50, 100년의 5개를 기본적으로 선정하고, 필요시에는 다른 재현기간도 추가하여야 한다.
- 여러 재현기간에 대하여 분석하여 둘으로써 계획빈도 이외의 재현기간이 필요한 경우를 대비함과 아울러 재현기간별로 산정된 강우량이 적절하게 산정되었는지를 IDF 곡선 등을 통하여 확인하기 위함이다.

(2) 적용 확률분포형 및 매개변수 추정 방법의 선정

- 확률강우량 산정시 필요한 확률분포형은 대수정규 분포, Gamma 분포, Log-Pearson Type-III 분포, Gumbel 분포, GEV 분포 등을 적용한다.
- 확률분포형의 매개변수 추정 방법으로는 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법 등을 적용한다.

【해설】

- 통계학적으로 제시되고 있는 확률분포형은 매우 다양하나 강우량 분석에 적절하다고 알려진 대수정규 분포, Gamma 분포, Log-Pearson Type-III 분포, Gumbel 분포, GEV 분포 등을 적용하여 확률강우량을 산정한다.
- 확률분포형의 매개변수를 추정하는 방법으로는 전통적으로 많이 사용되고 있는 모멘트법(Method of Moment), 최우도법(Method of Maximum Likelihood)과 최근 적정 추정기법으로 알려진 확률가중모멘트법(Method of Probability Weighted Moments: PWM) 또는 L-모멘트(Method of L-moments) 등을 적용한다.

(3) 최적 확률분포형 채택

- 확률분포형의 매개변수 추정 방법은 확률가중모멘트법 또는 L-모멘트법을 채택하는 것을 원칙으로 한다
- 최적 확률분포형은 χ^2 검정, K-S 검정, PPCC 검정, Robustness 검정 등을 실시한 후, 이와 같은 검정 결과와 아울러 산정된 확률강우량의 결과 및 기준 분석 결과 등을 충분히 고려하여 결정하여야 한다
- 적합도 검정을 통하여 결정된 최적 확률분포형은 강우지속시간별 및 우량관측소별로 다를 수 있으나, 모든 우량관측소 및 지속시간에 대하여 하나의 최적 확률분포형을 채택하는 것을 원칙으로 한다

【해설】

- 확률분포형의 매개변수 추정 방법은 이론적인 측면이나 우리나라 와 같이 자료년수가 충분하지 못한 경우에는 확률가중모멘트법 또는 L-모멘트법을 채택하는 것을 합리적인 것으로 판단되므로 이를 채택하는 것을 원칙으로 한다.
- 다만, 재현기간이 큰 경우에서 확률가중모멘트법 또는 L-모멘트법은 다른 방법에 비해 지나치게 높게 산정되는 경우도 있으므로 매개 변수 추정 방법별, 확률분포형별 빈도해석 결과를 면밀히 비교 검토하는 것이 필요하다.
- 최적 확률분포형은 χ^2 검정, K-S(Kolmogorov-Smirnov) 검정,

PPCC (probability plot correlation coefficient) 검정, Robustness 검정 등을 실시하여야 한다.

- 최적 확률분포형은 이와 같은 검정 결과와 아울러 산정된 확률강우량의 결과 및 기존 분석 결과 등을 충분히 고려하여 결정하여야 한다.
- 적합도 검정을 통하여 결정된 최적 확률분포형은 강우지속시간별 및 우량관측소별로 다를 수 있다. 하지만, 최적 확률분포형을 강우지속시간별 및 우량관측소별 각각 달리 채택할 경우 지속기간별 확률강우량의 역전 현상이 발생할 가능성이 있으므로 모든 우량관측소 및 지속시간에 대하여 하나의 최적 확률분포형을 채택하는 것을 원칙으로 한다.

(4) 재현기간별 지속기간별 확률강우량 산정 및 적정성 검토

- 채택된 매개변수추정 방법 및 확률분포형 등을 이용하여 재현기간별, 지속기간별 확률강우량을 산정한다.
- 산정된 재현기간별 지속기간별 확률강우량은 기존 분석 결과와 비교를 통하여 적정성을 검토하여야 한다.

【해설】

- 채택된 매개변수추정 방법 및 확률분포형 등을 이용하여 재현기간별 지속기간별 확률강우량을 산정한다.
- 산정된 재현기간별 지속기간별 확률강우량은 기존 '한국 확률강우량도 작성(건교부, 2000)'의 분석 결과와 비교를 통하여 적정성을 검토하여야 한다.

2.3.4 강우강도식 유도

- 임의 지속시간에 대한 강우량을 산정하기 위하여 Talbot형, Sherman형, Japanese형 및 통합형 등 형태의 식을 적용하여 강우 강도식을 유도한다.
- 전체기간에 대하여 하나의 강우강도식을 유도한 후, IDF 곡선을 검토하여 하나의 강우강도식으로 나타내기 곤란한 경우에는 단·장기간, 혹은 단·중·장기간 등으로 구분하여 유도한다.
- 일반적으로 강우강도식은 확률강우량을 강우강도로 환산한 값과 강우강도식에 의한 강우강도의 편차가 최소인 공식을 채택하는 것을 원칙으로 한다.

【해설】

- 재현기간별 지속시간별 확률강우량이 산정되면 임의 지속시간에 대한 강우량을 산정하기 위하여 Talbot형, Sherman형, Japanese형 및 통합형 등 형태의 식을 적용하여 강우강도식을 산정한다.
- 전체기간에 대하여 하나의 강우강도식을 산정한 후, IDF 곡선을 검토하여 하나의 강우강도식으로 나타내기 곤란한 경우에는 단·장기간, 혹은 단·중·장기간 등으로 구분하여 산정한다. 이러한 구분시에는 임계지속기간을 감안하여 임계지속기간 전후에서 나누어지는 것을 가급적 지양하여야 한다.
- 일반적으로 강우강도식은 확률강우량을 강우강도로 환산한 값과 강우강도식에 의한 강우강도의 편차가 최소인 공식을 채택하는 것을 원칙으로 하되, 단기간, 중기간, 장기간 등으로 구분시 강우강도식에 의한 차이가 미미하고 구분에 의한 불연속이 크게 발생하는 경우에는 불연속이 작은 공식을 채택하는 것이 좋다.

2.3.5 설계강우의 빈도 설정

- 설계강우는 원칙적으로 영구구조물은 50년빈도, 임시구조물은 30년 빈도 강우를 기준으로 하되, 상·하류하천의 계획빈도를 고려하여 결정한다.

【해설】

- 개발사업으로 인하여 가중되는 재해요인을 사전에 경감시키기 위한 시설물에 대한 설계기준으로 개발후 영구저류지와 같은 영구구조물은 50년빈도, 개발중 침사지점 저류지와 같은 임시구조물은 30년빈도 강우를 기준으로 하되, 상·하류유역(하천)의 계획빈도를 고려하여 결정한다.

2.3.6 설계강우의 시간분포 방법 결정

- 설계강우의 시간분포는 Huff 방법을 사용하는 것을 원칙으로 한다.
- Huff 방법의 분위는 첨두홍수량이 최대가 되는 분위의 사용을 우선적으로 검토하여야 한다.

【해설】

- 설계강우의 시간분포는 Huff 방법을 사용하는 것을 원칙으로 하며, Huff 방법의 무차원 누가곡선은 '지역적 설계 강우의 시간적 분포'(건교부, 2000)의 자료를 기준으로 한다.
- 무차원 누가곡선은 회귀분석을 통해 회귀식으로 표시하여야 한다.
- Huff 방법의 분위는 첨두홍수량이 최대가 되는 분위의 사용을 우선적으로 검토하여야 한다.

2.3.7 확률 강우 증가량 산정

- 연도별 최대강우량의 증가 경향을 분석하여 확률 강우 증가량을 산정하여 우수유출저감시설 기본계획에 사용한다.

【해설】

- 시우량 관측자료에 대해서 연도별 최대강우량의 경향성을 분석한다.
- 경향성 분석에는 회귀분석, 이동평균 등 최대강우량 증가추이를 최적모형화가 가능한 분석기법을 사용할 수 있도록 한다.

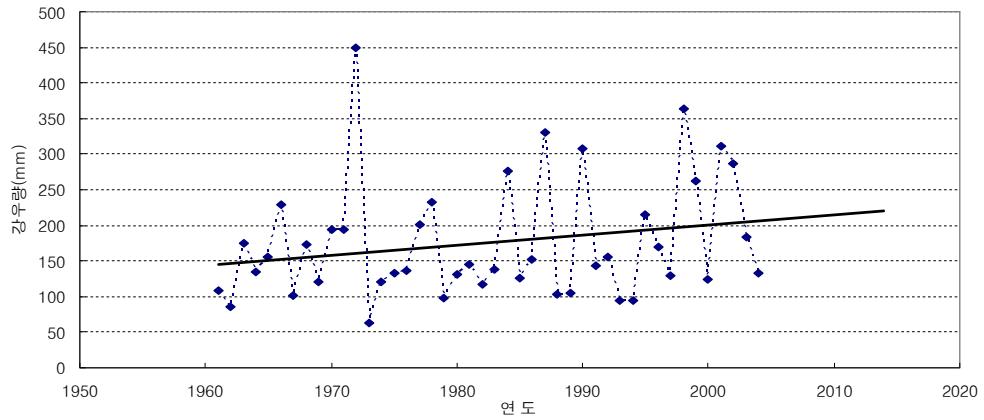


그림 2.1 24

(), ()

- 지속시간별 강우 증가 추이를 이용하여, 현재연도 대비 목표연도의 강우지속시간별 강우증가량 및 증가율을 산정하고, 이로부터 설계 강우빈도에 대한 확률강우 증가량을 산정하여야 한다.

표 24 서울시 강우량 추세 분석, ()

강우 지속시간 (Hr)	강우량 추세 (mm)		증가량 (mm)	증가율 (%)	확률강우량 (50년빈도,mm)	
	2006년	2015년			2006년 확률강우량	2015년 확률강우량
1	52.9	53.4	0.5	0.9	101.9	102.8
2	74.5	75.9	1.4	1.8	147.3	150.0
3	98.8	102.7	3.9	3.9	186.2	193.5
6	129.5	134.4	4.9	3.8	236.6	245.5
9	150.0	156.3	6.2	4.2	260.9	271.8
12	165.3	173.0	7.8	4.7	288.9	302.5
18	185.7	195.3	9.6	5.2	338.8	356.3
24	207.2	219.9	12.6	6.1	386.8	410.4

2.4 목표연도 불투수면적 비율 결정

·국토공간계획 및 불투수면적 증가추이를 바탕으로 목표연도 불투수면적 증가율을 추정하여 우수유출저감시설기본계획을 수립하도록 한다

【해설】

- 정밀토양도를 기본으로한 CN값 변화 예측이 가능한 경우 이를 통한 불투수면적 증가추이를 산정함이 가장 정확한 방법이다.
- 정밀토양도를 사용한 예측은 목표연도까지 상세한 개발계획이 수립되어 있어야 가능하므로, 그렇지 못한 경우 최근 5년간 지목별 토지이용현황을 이용하여 대상유역의 불투수면적 증가 경향을 분석한다.
- 투수면적은 다음과 같이 분류가능하다 : 배수구역내 전, 담, 과수원, 목장용지, 임야면적, 철도용지, 하천, 제방, 구거, 유지, 수도용지, 공원, 체육용지, 유원지, 종교용지, 사적지, 묘지, 잡종지, 기타
- 불투수면적은 다음과 같이 분류가능하다 : 배수구역내 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 주차장, 주유소용지, 창고용지, 기타

2.4.1 유출곡선지수(CN)의 개요

- 수문학적 토양형은 A, B, C, D의 4개의 형태로 분류되며, 토성, 배수등급, 투수성, 투수저해토층의 유무 및 출현 깊이 등 침투수량을 지배하는 요인들이 적용된다.

표 2.5 수문학적 토양분류

토양형	토양의 성질
Type A	낮은 유출률(Low runoff potential) 침투율이 대단히 크며 자갈이 있는 부양질, 배수 매우 양호 (high infiltration rate)
Type B	침투율이 대체로 크고(Moderate infiltration rate) 돌 및 자갈이 섞인 사질토, 배수 대체로 양호
Type C	침투율이 대체로 작고, 대체로 세사질 토양층, 배수 대체로 불량
Type D	높은 유출률(High runoff potential) 침투율이 대단히 작고, 점토질 종류의 토양으로 거의 불투수성, 배수 대단히 불량

- 유출곡선지수는 표 2.6과 표 2.7를 통해서 결정하고, 유역의 토양-피복별 면적분포를 산정하여 이를 가중인자로 유역전체에 걸쳐 평균함으로써 AMC-II 조건하에서 유역의 평균유출곡선지수(CN)를 산정한다.

표 2.6 농경지역 및 삼림지역의 유출곡선지수(AMC-II)

식생피복 및 토지이용 상태	피복처리상태	토양의 수문학적 조건	토양형			
			A	B	C	D
휴경지(fallow)	경사경작(straight row)	-	77	86	91	94
이랑 경작지 (row crops)	경사경작	배수나쁨	72	81	88	91
	경사경작	배수좋음	67	78	85	89
	등고선 경작(contoured)	배수나쁨	70	79	84	88
	등고선 경작	배수좋음	65	75	82	86
	등고선, 테라스 경작	배수나쁨	66	74	80	82
	등고선, 테라스 경작	배수좋음	62	71	78	81
	경사 경작	배수나쁨	65	76	84	88
	경사 경작	배수좋음	63	75	83	87
	등고선 경작	배수나쁨	63	74	82	85
	등고선 경작	배수좋음	61	73	81	84
조밀 경작지 (small grains)	등고선, 테라스 경작	배수나쁨	61	72	79	82
	등고선, 테라스 경작	배수좋음	59	70	78	81
		배수나쁨	68	79	86	89
		배수보통	49	69	79	84
		배수좋음	39	61	74	80
목초지(pasture) 또는 목장(range)	등고선 경작	배수나쁨	47	67	81	88
	등고선 경작	배수보통	25	59	75	83
	등고선 경작	배수좋음	6	35	70	79
		배수좋음	30	58	71	78
초지(meadow)		배수나쁨	45	66	77	83
		배수보통	36	60	73	79
		배수좋음	25	55	70	77
관목숲(forests)	매우 들판 들판	-	56	75	86	91
농가(farmsteads)		-	59	74	82	86

우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

표 27 도시지역의 유출곡선지수(AMC-II)

피복처리상태	평균불투수율 (%)	토양형			
		A	B	C	D
[완전히 개발된 도시지역]					
• 개활지(잔디, 공원, 골프장, 묘지 등)					
- 나쁜상태(초기 피복률이 50 % 이하)	-	68	79	86	89
- 보통상태(초기 피복률이 50~75 %)	-	49	69	79	84
- 양호한상태(초기 피복률이 75 % 이상)	-	39	61	74	80
• 불투수지역 :					
- 포장된 주차장, 지붕, 접근로 (도로 경계선을 포함하지 않음)	-	98	98	98	98
• 도로와 길 :					
- 포장된 곡선길과 우수거 (도로 경계선을 포함하지 않음)	-	98	98	98	98
- 포장길 배수로(도로 경계선을 포함)	-	83	89	92	93
- 자갈길(도로 경계선을 포함)	-	76	85	89	91
- 흙길(도로 경계선을 포함)	-	72	82	87	89
• 도시지역 :					
- 상업 및 사무실 지역	85	89	92	94	95
• 공업지역	72	81	88	91	93
• 주거지역(구획지 크기에 따라) :					
- 150 평 이하	65	77	85	90	92
- 300 평	38	61	75	83	87
- 400 평	30	57	72	81	86
- 600 평	25	54	70	80	85
- 1,220 평	20	51	68	79	84
- 1,440 평	12	46	65	77	82
[개발중인 도시지역]		77	86	91	94

- NRCS에서는 총우량과 유효우량간의 관계를 다음의 식으로 표시하였다.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

여기서 P 는 호우별 총우량(mm)이며, I_a 는 강우 초기의 손실우량(mm), S 는 유역의 최대잠재보유수량(potential maximum retention, mm)이고 Q 는 직접유출량에 해당하는 유효우량(mm)이다. 초기손실 I_a 는 유출이 시작되기 전에 생기는 차단이라든지, 침투, 지면저류 등을 포함하며 S 와는 다음과 같은 관계를 가진다고 가정한다.

$$I_a = 0.2S$$

산정된 I_a 을 아래식에 대입하면

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

- 유역의 잠재보유수량의 크기를 나타내는 S 는 유역의 토양이나 토지이용 및 식생피복 처리상태 등의 이른바 수문학적 토양-피복형(hydrologic soil-cover complexes)의 성질을 대변하는 것으로 한 유역의 유출능력을 표시하는 유출곡선지수 CN이라는 변수를 다음과 같이 S 의 함수로 정의함으로써 유출에 미치는 S 의 효과를 간접적으로 고려하게 된다.

$$CN = \frac{25,400}{S + 254} \quad \text{혹은} \quad S = \frac{25,400}{CN} - 254$$

- 위 식을 이용하여 AMC-II 조건하에서 유출곡선지수별 총우량-유효우량간의 관계를 표시한 곡선이 그림 4.3이며, 강우-유출량에 의한 방법으로 최대 잠재저류량 S 를 구하기 위하여 Q 을 S 에 대하여 정리하면 아래식으로 유도할 수 있고, 여기에서 산정된 S 와 식 위 식을 이용하여 CN을 산정한다.

$$S = 5(P + 2Q - \sqrt{4Q^2 + 5PQ})$$

- 선행강우조건 AMC(Antecedent Soil Moisture Condition)는 유역의 잠재적 유출능력을 나타내는 지수로서 호우사상에 대한 CN의 변화를 감안하기 위한 것이다. 어느 한 유역의 평균적인 AMC에 대한 CN은 강우유출 자료로부터 구해진 CN의 중간치를 의미하며 이것을 CN-II로 사용한다.

Figure 2-1



그림 2.2 총우량-

(NRCS)

2.4.2 CN값을 이용한 유효우량 결정

- 불투수면적 증가추이를 배수구역의 평균유출곡선지수 변화로 예상가능한 경우 이를 적용하여 우수유출저감시설 기본계획을 수립할 수도 있다.
- 유효우량은 미국 자연자원보존국(Natural Resources Conservation Service, NRCS) (runoff curve number) .
- 토양도는 정밀 토양도의 사용을 원칙으로 하되, 부득이한 경우에는 개략 토양도를 사용한다.
- 유출곡선지수는 동일 토양형- CN k 을 부여한 다음 면적 가중평균으로 유역의 평균유출곡선지수를 산정한다.
- .
- AMC-III .

【해설】

- 유출에 영향을 미치는 토양의 조건에 따라 유효우량을 산정하는 방식중에서 가장 보편적이고, 합리적으로 알려져 있는 미국 자연자원보존국(Natural Resources Conservation Service, NRCS)의 유출곡선지수(runoff curve number) 방법을 사용한다.
- 토양도는 1:25,000의 정밀토양도를 원칙으로 하되, 부득이한 경우에는 1: 50,000의 개략 토양도를 사용할 수도 있으며, 토양도에서 수문학적 토양형을 A, B, C, D군으로 분류한다.
- 유효우량 산정을 위한 유출곡선지수를 산정하기 위해서는 가급적 자세한 토지이용의 파악이 필요하므로, 1:10,000 이상의 축척, 즉 1:5,000, 1:3,000 등의 축척 도면으로 개발 전·중·후의 토지이용별 면적을 파악하여야 한다. 유출곡선지수는 동일 토양형-피복형별 면적에 대하여 CN값을 부여한 다음 면적 가중평균으로 유역의 평균 유출곡선지수를 산정한다.
- 개발사업으로 인하여 가중되는 재해요인의 정량적 분석은 가장 최악의 유출상황을 모의할 수 있어야 하므로 선행토양함수조건(Antecedent Soil Moisture Condition: AMC)에서 AMC-III 조건을 사용하도록 한다. 하지만, 제주도 지역과 같이 토양조건이 특수한 경우와 지역특성을 고려하여 AMC-II 조건을 사용할 수도 있다.
- 자연지역의 CN값의 적용에서 우리나라 논의 경우 홍수기에는 담수상태이므로 「하천정비기본계획 수립 및 하천대장작성업무 처리요령(건교부, 2001)」에서 제시하고 있는 바와 같이 토양형에 관계없이 78(AMC-II)을 채택하는 기준을 참고할 수 있다.
- 직접유출에 영향을 주는 유효우량의 산정은 토지이용에 따라 변화되므로 현재시점과 목표연도에 대해 각각 산정하여 그 차이를 검토하여야 한다.

2.5 홍수유출 해석

2.5.1 홍수도달시간 산정

- 홍수도달시간은 강우에 의한 배수구역의 유출반응을 표현하는 대표적인 매개변수이며 홍수량 산정에 있어서 가장 중요한 인자이므로 산정에 신중을 기하여야 하며, 일반적으로 도달시간은 유입시간과 유하시간의 합으로 계산한다.
- 홍수도달시간() 산정은 현재시점 및 목표연도를 구분하여 적절한 공식을 적용하고 도달시간과 유속 산정 결과로 산정된 도달 시간의 적정성을 검토하여야 한다.

【해설】

- 유입시간에 대한 기준이 아직까지 명확하지 않은 실정이므로 기존 ‘하천시설기준(건설부, 1993)’에서 제시된 바 있는 산지유역은 30분, 급경사유역은 20분 등의 기준과 Kerby 공식, SCS 공식 등을 적용한 후 적정한 값을 채택하여야 한다.
- 도달시간(유하시간)은 ‘방재조절지 설계지침 개발(I)’, (국립방재연구소, 1997)등에서 정리된 공식을 사용하여야 하며, 경사 산정 방법은 단순경사보다는 등가경사를 적용하여야 한다.
- 도달시간(유하시간) 산정 공식은 개발상황에 따라 토지이용 및 지형의 변화 등을 감안하여 개발전, 개발중, 개발후의 경우를 구분하여 적절한 공식을 적용하고, 도달시간(유하시간)과 유속 산정 결과를 표로 명확하게 제시하여 산정된 도달시간(유하시간)의 적정성을 검토하여야 한다.

2.5.2 홍수량 산정 방법 결정

- 홍수량 산정 방법은 배수구역의 특성(,), 고려하여 3 .
- 반적으로 자연유역의 경우에는 단위도법(Clark, SCS, Nakayasu 등), (ILLUDAS, SWMM) .

【해설】

- 홍수량 산정 방법은 배수구역의 현재시점 및 목표연도의 배수구역 특성(자연유역, 도시유역 등)을 고려하여 3가지 이상을 선정한다.
 - 일반적으로 자연유역의 경우에는 단위도법(Clark, SCS, Nakayasu 등)을 적용하고, 도시유역의 경우에는 도시유출모형(ILLUDAS, SWMM 등)을 적용한다.
 - 현시점으로부터 목표연도까지의 기간 중 개발에 따라 자연유역에서 도시유역으로 변화되는 경우 개발전에는 단위도법을 적용하고 개발후에는 도시유출모형을 적용한다면 개발에 의한 차이와 아울러 모형에 의한 차이도 발생하게 된다.
 - 따라서, 도시유출모형 적용시의 입력 매개변수 산정시에는 이러한 점을 충분히 고려하여야 하며, 개발후에 대하여 자연유출모형과 도시유출모형을 모두 적용한 후 최종 비교에 있어서는 개발전후의 차 이를 보다 적절하게 나타낼 수 있는 모형을 개발전과의 비교 대상으로 채택한다.

2.5.3 임계지속기간을 고려한 흥수량 산정

- 계지속기간은 침사지나 저류지 같은 저류용 구조물의 경우에는 저류용량() | 최대가 되는 강우지속기간으로 정의된다.
 - 계지속기간 결정을 위해서는 강우지속기간을 10 ↓ 간격으로 현시점 및 목표연도에 대하여 각각 적용함과 아울러 홍수량 산정지점 별로도 각각 적용하여야 한다.
 - 홍수량 산정 방법 채택시에는 홍수량이 가장 크게 산정되는 방법의 채택을 우선적으로 검토한다.

【해설】

- 임계지속기간은 하천과 같은 비저류용 구조물의 경우에는 첨두홍수량이 최대로 산정되는 강우지속기간, 침사지나 저류지와 같은 저류용 구조물의 경우에는 저류용량(첨두저수위 또는 첨두방류량)이 최대가 되는 강우지속기간으로 정의된다.
 - 임계지속기간 결정을 위하여 강우지속기간을 10분 간격 증가시키면

서 적용하여야 하며, 임계지속기간은 해석시점(연도) 및 홍수량 산정지점별로도 달라지므로 각각 임계지속기간을 별도로 산정하여야 한다.

- 또한, 개발중 및 개발후의 임계지속기간은 처음에는 첨두홍수량 기준의 임계지속기간을 채택하며 하도저류(On Line)의 경우에는 침사지점 저류지 또는 영구저류지의 계획에 따라 첨두저수위 기준의 임계지속기간을 재산정하는 과정이 필요하다.
- 추가적으로 비홍수량(단위유역면적당 홍수량)을 산정하여 홍수량 산정결과의 적정성을 검토하여야 한다.
- 홍수량 산정 방법 채택시에는 홍수량이 가장 크게 산정되는 방법의 채택을 우선적으로 검토한다. 하지만 풍수해저감 종합계획, 하류하천의 하천정비기본계획 등과 같은 상위계획 내용과의 연계성을 검토하여 다른 방법을 채택할 수도 있다.

2.5.4 현재 및 목표연도의 유출총량 산정

- 현재 및 목표연도의 임계지속시간을 기준으로 유출총량 증가량(- 출총량의 차) 을 설정하여 이를 기준으로 우수유출저감시설을 설치하는 근거로 활용한다.

【해설】

- 현재 및 목표연도의 임계지속시간에 해당하는 설계강우량에 대하여 계산한 홍수유출수문곡선을 사용하여 개발로 인한 홍수체적 및 첨두유출총량의 증가분을 기준으로 하여 우수유출저감시설을 설치하는 근거자료로 활용한다.

2.6 우수유출 목표저감량 산정

- 목표연도내 강우증가와 불투수면적 증가로 인하여 발생하는 우수유출 증가량이 1 , 이 중 하도의 용량부족으로 더 이상 부담할 수 없는 유출증가량을 우수유출저감시설을 통하여 저감하여야 하는 목표 저감량으로 결정하여야 한다.

【해설】

- 우수유출 목표저감량 산정을 위해 배수구역별 목표저감량이 우선 산정되어야 한다.
- 배수구역별 목표저감량의 산정은 강우의 증가추이와 불투수면적 증가추이를 배수구역내 유출증가의 주된 인자로 보고 향후 이러한 인자로 인해 늘어날 수 있는 유출증가량을 목표저감량으로 산정하여야 한다.
- 유출총량 증가량은 해당지역의 목표연도내 확률강우 증가량, 불투수면적 증가예상량 등을 산출하여 해당지역에 적합한 유출모형을 사용하여 산정하여야 한다. 기본적으로 2.3~2.5절에서 설명된 절차를 이용하며, 과거 시우량 자료의 추이를 판단하여 향후 발생 가능한 확률강우 증가량을 추정하여 사용하도록 한다.

2.7 우수유출 목표저감량 배분

·산정된 우수유출 목표저감량은 초과유출량의 형성원인, 분담구분 및 행정구역 구분에 따라 지역외 및 지역내 저감시설의 형태로 나누어 배분되어야 한다.

【해설】

- 배수구역별 목표저감량으로부터 산출된 우수유출목표 저감량은 전체 배수구역에서 요구되는 저감량이며, 이를 국토공간계획 및 지방자치단체의 치수 및 개발계획과 연계하여 최적의 위치, 개수를 선정하여 우수유출저감시설을 배분하여 설치하여야 한다.
- 지역외 우수유출저감시설은 해당지역 외에서 발생하는 초과유출량을 저류할 수 있는 기능을 수행하여야 하므로 배수구역내에서 향후 발생가능한 초과유출량 중 공공부문에서 분담하여야 할 부분(현시점 초과유출량 및 향후 강우증가 추이에 따른 초과유출량)을 목표저감량으로 하여, 최소한의 비용으로 최대한의 효과를 얻을 수 있는 적정위치, 규모 등을 선정할 수 있도록 계획하여야 한다.
- 지역내 우수유출저감시설은 개발 등으로 인한 불투수면적증가로 증가되는 우수유출량을 해당지역내에서 저류하기 위한 시설로 침투시설 또는 저류시설의 형태로 개발지역내 설치되어야 한다.

우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

- 지역외 우수유출저감시설의 위치 선정은 다음 사항을 우선 고려하여야 한다.
 - ① 설치지점의 부지면적을 고려한 충분한 저류용량확보가 가능한 지역
 - ② 설치시 저감효과가 우수하며, 침수피해 저감효과가 있는 지점
 - ③ 현지여건상 시공 및 교통처리에 큰 문제가 없는 지점
- 지역외 우수유출저감시설의 계획은 다음과 같은 지역을 피하여 설치하도록 한다.
 - ① 지대가 주변보다 높은지역
 - ② 설치지점의 대상유역 면적이 매우 협소하여 설치효과가 미미한 지역
 - ③ 사유지인 지역

2.7.1 우수유출저감시설 배치계획시 고려사항

·우수유출저감시설의 설치목적에 따른 효과를 최대화하기 위해서 배수구역내 지역구분에 따라 적합한 시설을 설치하여야 한다.

- (1) 보수지역 : 우수를 일시적으로 침투 또는 체류시키는 기능을 치수상 확보하거나 중대시킬 필요가 있는 지역
- (2) 유수지역 : 우수 또는 하천의 유수를 유입시키고 일시적으로 저류하는 기능을 확보할 필요가 있는 지역
- (3) 저지지역 : 배수구역내의 우수가 체류하여 하천에 유출되지 않고 하천의 유수가 범람할 우려가 있는 지역 중, 적극적으로 침수방지를 도모할 필요가 있는 지역으로, 지형상으로 홍수의 범람원이 이에 해당된다.

【해설】

- 배수구역내 우수유출저감시설의 효과적인 배치를 위해서는 지역에 맞는 저감시설을 선택하여 설치하도록 함이 경제적 효과가 있을 것으로 보며 그 “예시”는 다음과 같다
 - * 보수지역 : 침투시설, 지역내 저류시설
 - * 유수지역 : 지역외 저류시설(전용조정지, 겸용조정지)
(고지대의 우수를 유입시켜 운동장, 공원, 주차장, 도로 등에 지하저류 등)
 - * 저지지역 : 배수펌프장, 기존시설을 이용한 침수형 저류시설

<저지대의 자연형 저류>

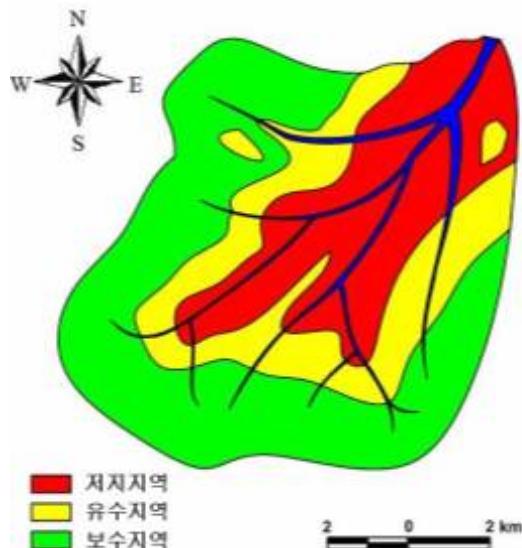


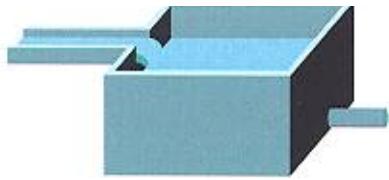
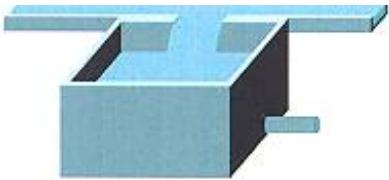
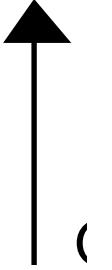
그림 2.3 배수구역내 지역구분

※ 침투형시설은 해당지역 지반의 투수계수, 해당지역의 경사도, 선행강우조건, 유지관리에 따른 침투능 저하 등 여려 변수로 인하여 저감효과를 명확히 정의하기 어려우므로 저류시설을 기본시설의 형식으로 채택하고 추가적으로 침투형 시설을 설치할 것을 권장한다.

2.7.2 단계별 고려사항(지역외 저류시설)

단계	고려 사항
계획수립시	<ul style="list-style-type: none"> ·적절한 홍수조절로 하류부 침수방지 ·방류하천의 홍수량 저감효과 ·주변환경과 조화로운 계획수립 ·경제적인 계획수립 ·저류조 다목적 활용방안 검토(우수이용 등)
시설계획시	<ul style="list-style-type: none"> ·수문개폐 등 인위적인 조작을 최소화 ·연속되는 호우에 대처하기 위한 신속한 저류수의 배제 ·상시 우오수의 처리 ·설계빈도 이상의 홍수에 대한 대처

2.7.3 형식별 고려사항(지역외 저류시설)

구 분	On Line 저류방식	Off Line 저류방식
특성	<ul style="list-style-type: none"> 관거 또는 하도내 저류시설 설치 모든 빈도에 대해 유출저감가능 첨두홍수량 감소 및 첨두 발생 시간 지체 Off Line에 비해 상대적으로 큰 설치 규모 	<ul style="list-style-type: none"> 하도외 저류시설 설치 On Line에 비해 상대적으로 적은 설치규모 첨두홍수량 감소 저빈도의 홍수에 대해 저감효과 미흡
모식도		
유출저감 효과 그래프	유른 (cm)	유량 (cms) 

2.8 지역외 우수유출저감시설 규모계획

- 지역외 우수유출저감시설의 규모계획을 위해서는 해당 배수구역의 계획강우빈도와 계획방류빈도를 결정하여야 한다.
- 계획된 저감시설에 대해서는 첨두홍수량 저감효과산정을 실시하여 설치 효과를 확인하여야 한다.

【해설】

- 해당 배수구역의 계획강우빈도와 계획방류빈도는 2.3절~2.5절의 해석 절차를 따라 결정하며, 다음사항을 고려하여야 한다.
- 저감시설 설치지점에 대한 여러 현장여건 등을 고려할 때 앞서 우수유출저감시설기본계획에서 설정한 계획빈도에 해당하는 계획홍수

량 전량을 저감시키기는 불가능 하다. 따라서, 현지여건을 고려한 적정규모의 결정(목표저감량)이 우선되어야 한다.

- 하천설계기준에서는 유수지나 저류지 설치와 같은 내수배제계획시설계빈도를 20년 빈도 이상으로 하는 것을 원칙으로 하고 있으며, 하수도 시설기준에서는 우수조정지와 같은 우수배제계획 수립시 5~10년 빈도를 계획빈도로 설정하도록 되어있으나, 최근 이상기후에 의한 기록적인 폭우 및 영구구조물의 경우 최초 설치 후 규모 증가가 어려운 점을 고려하여, 영구저류지와 같은 영구구조물은 50년 빈도, 개발중 침사지겸 저류지와 같은 임시구조물은 30년빈도 강우를 기준으로 하되, 상·하류유역(하천)의 계획빈도를 고려하여 결정하도록 한다.
- 저감시설이 우수지선관거에 직접연결시 기존 지선관거의 설계빈도에 맞추어 그 이하로 계획방류빈도를 결정하여야 한다.
- 하천정비 기본계획이 완료된 하천천변에 설치되어 하천의 홍수량의 일부를 직접적으로 저감시키는 천변저류시설에 대해서는 대상 하천의 설계빈도를 계획빈도로 결정하도록 한다.

표 28 저감시설 및 조절부 규모결정 기준 결정사항

저감시설 규모	용량	<ul style="list-style-type: none"> ·대상수문곡선 : 최소 50년 빈도 ·목표저감빈도 : 연결 관거
	여유고	<ul style="list-style-type: none"> ·저감시설 계획홍수위에서 1m 이상 여유고 확보(지하저류조 예외)
On Line 저감시설 조절부	상시방류구 (주여수로)	<ul style="list-style-type: none"> ·목표조절율 : 수문곡선, 저감빈도
Off Line 저감시설 조절부	횡월류웨어	<ul style="list-style-type: none"> ·목표조절율 : 수문곡선, 저감빈도

표 29 저감시설 형식에 따른 첨두저감효과 산정방법

저감시설 형식	<ul style="list-style-type: none"> On-line 및 Off-line 방식
On-line 방식	<ul style="list-style-type: none"> Puls방법(저류지시법)을 이용한 저감시설 홍수추적 <ul style="list-style-type: none"> - 검토빈도별 임계지속시간을 고려한 유입수문곡선 선정 - 저류량-유출량 계산시 하단부 상시방류구는 orifice 적용 및 상단부 비상방류구는 weir 적용 - 저류방정식을 적용하여 홍수추적
Off-line 방식	<ul style="list-style-type: none"> 횡월류량 산정을 통한 저감시설 홍수추적 <ul style="list-style-type: none"> - 검토빈도별 임계지속시간을 고려한 유입수문곡선 선정 - 수로부의 단면 및 구배조정을 통한 50년빈도 홍수 시 흐름안정 및 개구부 설치를 통한 횡월류량 산정, 횡월류 적용식은 훔마식 - 계획월류량이 원활히 유입될 수 있는 유입관로 규모 결정 - 횡월류량에 대한 저감시설 홍수추적

2.9 지역내 우수유출저감시설 규모계획

<ul style="list-style-type: none"> 지역내 우수유출저감시설은 해당 배수구역내에서 개발 등으로 인하여 증가되는 초과유출량을 저류 또는 침투할 수 있도록 계획되어야 한다. 본 조항을 적용받는 개발사업은 『자연재해대책법시행령』 제16조의 우수유출저감시설의 설치 대상사업 또는 지방자치단체의 조례에서 정하는 시설물에 해당된다.

【해설】

- 지역내 우수유출저감시설의 계획은 다음사항을 고려하여야 한다.
 - ① 해당지역의 개발로 인한 유출계수 증가량
 - ② 해당지역의 확률강우량

③ 해당지역의 경사도 및 하부지반의 침투능(침투시설의 경우)

- 지역내 저류시설은 불투수면적 증가에 따른 우수의 직접유출증가량 계산이 가능할 경우, 이에 따라 설치용량을 결정할 수 있으나 그렇지 않은 경우 지역내 저류시설은 다음과 같이 설치규모를 결정하도록 한다.
- ① 저류시설은 불투수면적 증가면적의 0.05m를 곱한 규모 이상의 용량을 최소한의 저류공간으로 확보하여야 한다.
 - ② 침투시설의 경우 최소 설계침투강도 15~20mm/hr를 만족하도록 설치되어야 한다. 자세한 사항은 제4장 침투시설편을 참조 한다.
 - ③ 타법 또는 자치단체의 조례로 설치용량이 명기된 경우 이를 우선하여 따르도록 한다.

「수도법」 : 지붕면적 $2,400\text{m}^2$ 이상, 관람석 수 1,400석 이상인 운동장 또는 체육관 시설은 지붕면적에 0.05m를 곱한 규모 이상의 용량을 최소한의 저류공간으로 확보하여야 한다.

「서울시 조례」 : 저장조의 용량산정은 건축면적(m^2) \times 0.05 또는 대지면적(m^2) \times 0.02를 저장할 수 있도록 하며, 기타 집수가능면적(m^2) \times 0.01을 저장할 수 있는 용량(m^3)으로 한다.

제3장

저류시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

- 3.1 저류시설의 종류
- 3.2 저류시설 계획
- 3.3 저류시설의 유지관리
- 3.4 저류시설 모니터링 시방서

제3장 저류시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

3.1 저류시설의 종류

- 우수유출저감시설을 입지적으로 분류하면 유역의 말단부에 설치되어 배수구역으로부터 유입된 우수를 조절할 목적으로 설치된 지역외 저류(Off Site Retention) † 배수구역내에 내린 강우가 우수관거, 유수지 및 하천으로 유입되기 전에 물을 일시적으로 저류시켜 유출을 억제하는 지역내 저류(On Site Retention) 시설로 분류한다.

【해설】

- 지역외 저류시설은 강우시 유출되는 우수를 배수구역내 임의지점에 집수, 저류하고 억제하기위한 시설물로서 전용조정지, 겸용조정지 등이 있으며, 지역내 저류시설은 강우시에 우수의 이동을 최소한으로 억제하고 비가내린 그 지역에서 우수를 저류하는 방식으로 공공시설 및 공동주택단지에 저류하는 유역저류시설과 개별사업자가 설치하는 단독주택저류시설 등이 있다.

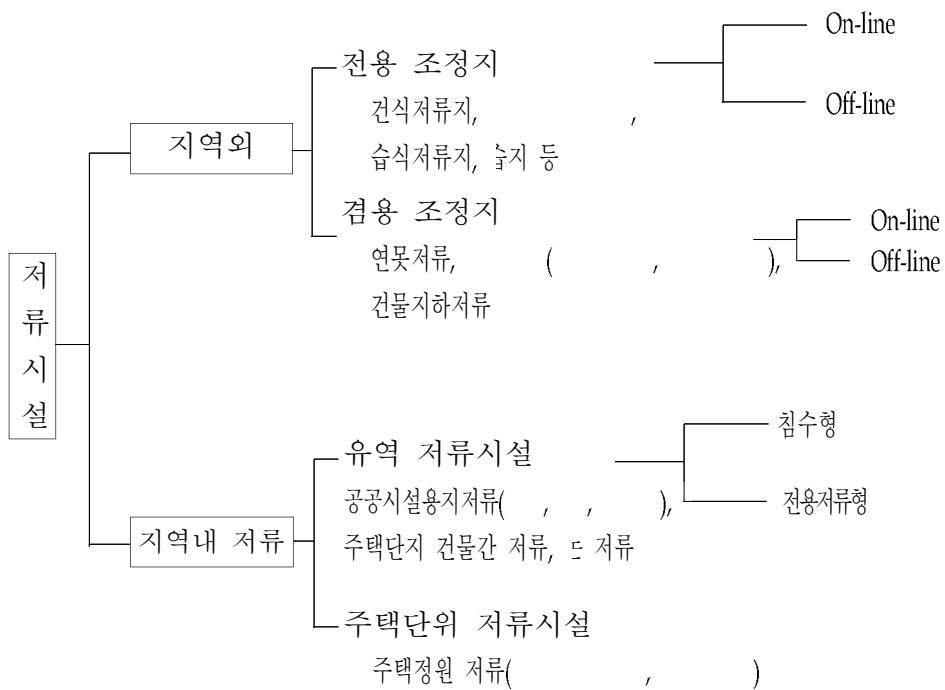


그림 3.1 저류시설의 종류

3.1.1 지역외(Off Site) 저류시설

- 지역외 저류시설은 사용용도에 따라 크게 전용 및 겸용 조정지로 분류가능하다. 외국에서는 주로 조정지를 홍수방지와 우수유출로 인한 비점원 오염원을 줄이는 두 가지 목적을 동시에 달성할 수 있도록 설계하고 있으나, 국내에서는 오염원 경감에 관한 사항은 많은 연구가 필요한 실정이다.
- 지역외 저류시설은 해당배수구역의 우수유출저감기본계획 결과를 바탕으로 규모 및 위치를 결정하여 설치하여야 한다.

【해설】

- 유출되는 우수를 유역말단에 집수, 저류 및 유출을 억제하는 것으로 다목적 유수지, 치수녹지 및 방재조절지 등을 들 수 있다. 이러한 저류시설은 우수유출량을 일괄적으로 처리하기 때문에 저류량이 많고, 기술적으로도 배수계획상의 신뢰성이나 안전도가 높은 유출저감 방법이라 할 수 있다. 형식에는 댐식, 굴착식, 지하식 등이 있다.
- 댐식은 작은 언덕의 골짜기 부분에 설치하는 방식이며, 굴착식은 주로 평탄지를 굴착하여 조정용량을 확보하는 것으로 우수유출이라는 단일 기능만을 목적으로 하는 전용조정지이다. 반면 지하식은 지하저류조, 매설관 등에 일시적으로 우수를 저류하는 조정지로서의 기능과 상부 토지의 유효활용을 도모하는 겸용조정지이다.
- 이러한 지역외 저류시설은 단면적의 구성에 따라 단단면(單斷面)과 복단면(複斷面)으로 구분된다. 단단면 저류시설은 필요면적을 최소로 한다는 장점이 있는 반면에 토사 퇴적부가 광범위하다는 것, 습지 및 상시 홍수면이 넓기 때문에 관리공간이 넓다는 것이 문제가 된다. 복단면 저류시설의 경우는 2단 또는 여러 개의 단면으로 구성되며, 저단면은 상시홍수 또는 높은 빈도의 홍수면으로, 고단면은 1년에 여러 번 또는 여러 해에 한차례 발생하는 홍수에 대응하도록 계획된다. 이에 따라 소요 면적은 커지지만 공원 등 공공용지와 겸용시킨다면 실질적으로 필요한 면적은 축소할 수가 있다. 이러한 전용조정지의 유형별 개념과 특성을 표로 나타내면 아래의 표 3.1과 같다.

표 3.1 지역외 저류시설의 구조형식에 따른 분류

형식	구조의 개념	특성
(15m)		주로 구릉지를 이용해 설치하는 방법으로 방재조절지나 유발조절지에서 댐식을 많이 이용한다.
굴착식		평탄한 지역을 굴착하여 우수를 저류하는 형식으로 계획수위고(HWL) : 주위 지반 고 이하이다.
지하식		지하저류조, 매설관 등에 우수를 저류시키는 것으로써 연립주택의 지하에 설치한다.

(1) 전용 조정지

전용조정지는 건식저류지, 확장된 건식저류지 및 습지로 나누어지며, 각각에 대해 살펴보면 다음과 같다.

① 건식저류지(Dry Pond)

건식저류지는 일반적으로 홍수가 일어나지 않도록 설계빈도로부터 발생되는 최대유량을 줄이기 위해 설계된 것이다. 그러나, 비점원 오염원을 제거하는데는 크게 효과적이지 못하다. 건식저류지는 저류시간이 짧기 때문에 대부분 미립자의 오염물들이 유출로 인해 가라앉을 만한 충분한 시간이 없고, 바닥에 가라앉은 것도 우기시 아주 쉽게 떠오른다. 건식저류지의 오염물 제거효과는 모든 오염물 질에 대해 평균적으로 약 0 ~ 20% 정도인 것으로 알려져 있다.

② 확장된 건식저류지(Extended Dry Pond)

지체방류방식으로 건식저류지의 방류구조를 바꾼 형식이며, 도시 우수유출제어를 위한 최적관리수단의 하나로써 1년 빈도와 같이 작고 빈번한 우수를 대상으로 설계하는 방안이다. 확장된 건식저류지의 오염물제거효과는 얼마나 오래, 그리고 얼마나 많은 유출수가

저류되는 가에 의해 좌우된다. 일반적으로 부유물질과 같은 미립자와 오염물에 대해서는 40~70% 정도의 높은 제거효과를 보이고 있지만, 영양물질 등과 같은 용존 오염물질에 대해서는 제거효과가 아주 낮다.

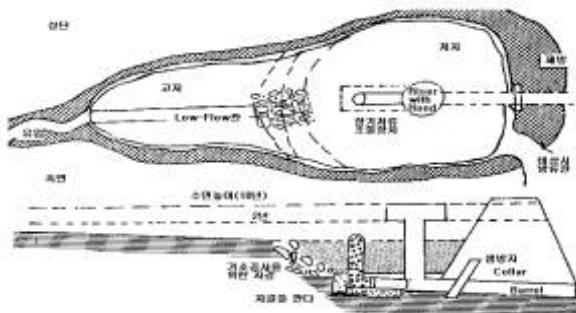


그림 3.2 다용도 건식저류지 개념도

③ 습지(Wet Pond)

습지는 물을 영구적으로 보유하여 미립자의 오염물질이 가라앉도록 하고, 용존 오염물질 등을 생물학적 제거 혹은 다른 감소과정을 통해 없애도록 하는 방안이다. 홍수시는 초과되는 홍수량을 축적하는 저수지 역할을 하고, 높의 식물들이 물의 흐름을 지연 시켜서 하천유량의 극심한 변화를 막고, 홍수발생을 완화시킨다. (홍수가 발생할 경우 습지 1ha는 120mm의 수심을 저류시킨다.) 자연습지는 댐이나 저수지, 관개시설을 줄일 수 있는 경제적인 효과가 있으며, 비교적 안정된 양으로 유출되어서 생활용수나 농업용수 또는 공업용수로도 이용가능하다. 또한 호소 등에 큰 문제로 대두되고 있는 부영양화를 억제한다. 습지는 질소와 인을 축적하여 수질을 개선한다. 그 때문에 습지를 유지하면 배수처리 시설을 건설할 필요성이 줄어들며, 소규모 생활 폐수의 처리에 이용할 수 있다. 습지에 대해 부유물질에 대한 제거효과는 50%~90%이며, 영양물질에 대해 40%~60%, 아연에 대해 40%~45%라고 알려져 있다.

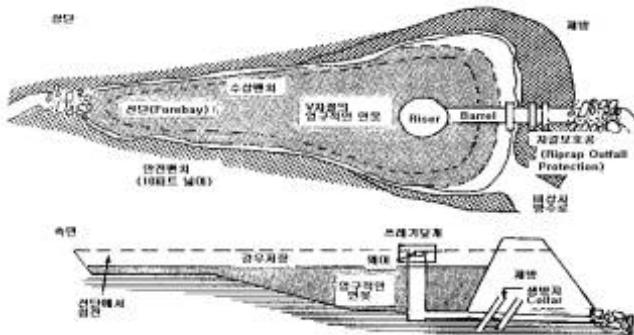


그림 3.3 습지의 개념도

(2) 겸용조정지

겸용조정지에는 연못저류와 지하저류 및 지하공간저류 등이 있다.

① 연못저류

보통 지표면에 설치되는 저류지로 비교적 대용량이며 상시 저수하고, 그 크기는 작은 호수나 공원 등의 연못에 가깝다. 시설의 설계는 지가, 자연상황, 공간의 이용가치, 경관, 지형, 기후, 그 외의 지역특성에 따라 변하는 것으로 주로 수경 및 리크레이션 시설로서 이용하고 있다. 그러므로 수변을 즐기는 사람들의 안정성을 유의할 뿐 아니라 저류수질을 양호한 상태로 유지할 수 있도록 하여야 한다.

② 지하저류

지하저류는 저류시설을 지하에 설치한 것으로 지하부를 주차장, 공원 등 다른 용도로 이용할 수 있도록 구조화한 것으로 지가가 비싼 시가지 계통에 설치하는 것이 일반적이다.

③ 건물지하저류

크게는 지하저류로 분류되는 방법으로 홍수다발구역인 고밀도 주택가에서 사용하는 방법이라 할 수 있다. 이 시설은 주로 고층주택 및 큰 건물 등의 건물 지하공간을 이용하여 설치하는 것이 유리하다.

3.1.2 지역내(On Site) 저류시설

- 지역내 저류는 강우의 이동을 최소한으로 억제하고, 비가 내린 그 지역에 우수를 저류하는 방식으로 토지의 이용계획 수립시 내린 비를 녹지나 시설 등에 저류하도록 계획하여야 한다. 지역내 저류 시설의 종류는 유역저류시설의 형태로 건물간, , , 공원 및 지붕저류 등이 있으며 주택단위저류시설의 형태로 지붕녹화, 화단,
- 지역내 우수유출저감시설은 해당지역 내에서 개발 등으로 인하여 증가되는 초과 유출량을 저류 또는 침투할 수 있도록 계획되어야 한다.

【해설】

(1) 유역 저류시설

- 비교적 넓은 개발면적을 가지는 공원, 학교, 운동장, 주차장, 공동 주택 등의 공간 및 지하 공간을 이용하여 우수유출을 발생장소에 저류함으로써 유출을 억제하는 방식이다. 사용용도에 따라 침수형 저류시설 및 전용 저류시설로 분류 할 수 있다.
- 지역외 저류시설과 비교하면 지역내 저류시설이 면적당 저류가능 량은 높지 않으나, 이미 개발된 시가지에서는 지역외 저류시설을 새로 건설하여 우수유출을 억제시키는 것보다 지역내 저류시설을 이용하여 침투유출시간을 자연시킴으로서 홍수로 인한 피해를 줄이는 것이 이미 개발된 공간을 이용할 수 있는 측면에서 보다 경제적이고 실용적인 우수유출저감 효과를 얻을 수 있다.
- 이처럼 지역내 저류는 지역외 저류에 비해 토지 유효이용면에서 우수하다고 할 수 있으며, 공사비 차원에서도 유리한 방법이라 할 수 있다.

① 침수형 저류시설

이미 계획적인 개발로 인하여 용지확보에 어려움이 있어 우수유 출저감시설을 신·증설하기 어려운 경우에는 기존의 저지대나 공공 시설 등과 같이 현재 지형여건을 이용하여 폭우시 단기간의 저류기 능을 확보할 수 있도록 우수유출저감시설로 활용하는 방법을 지침 한다. 이미 조성된 공원이나 학교운동장, 주차장, 공동주택 단지내

건물 사이의 저지대 등을 이용하여 저류지로서의 기능을 발휘할 수 있도록 한 시설이 대표적인 예이며, 침수형 저류시설은 안전 및 사용성을 고려하여 저류한계수심을 표 3.2와 같이 제한하도록 한다.

표 3.2 침수형 저류시설에 따른 저류한계수심

토지이용	저류시설	저류한계수심(cm)
집합주택	건물간저류	30
주차장	주차장저류	10
소학교	운동장저류	30
중학교		30
고등학교		30
아동병원	공원저류	20
근린, 지구공원		30
건물간, 지붕	지붕저류	10-15

(가) 단지내 저류(건물간 저류)

연립주택 및 건물사이 공간을 지역내 저류시설로서 이용하는 경우는 긴급차량의 진입, 건축물의 보호, 아동에 대한 안전대책 및 유지 관리 등을 종합적으로 배려하여 저류가능용량을 설정하도록 하여야 한다.



그림 3.4 침수형 저류시설 사례(건물 사이 저류형태)

(나) 주차장 저류

주차장 저류를 설계하는데 있어서 자동차의 브레이크 장치가 잠기지 않도록 하고, 우수를 저류시킴으로 인해 주행에 지장을 주지 않도록 하며, 강우시 이용자들의 주차장 이용을 고려해서 저류수심은 약 10cm로 제약하고 있다.

넓은 주차장에서 우수저류는 비교적 사용빈도가 적은 부분에 시행, 이용자들이 보행하는데 불편함이 없도록 보양할 부분의 높이 등에 대한 배려가 필요하다.

(다) 공원저류

공원, 녹지 등을 저류시설로써 이용하는 경우에는 공원의 기능, 이용자의 안전대책, 경관 등을 배려해서 저류장소 및 저류가능용량을 설정한다. 저류계획시 아동이나 유파에 대한 안전성을 고려하여야 한다.



(a) 평상시



(b) 저류시

그림 3.5 침수형 저류시설 사례(공원 저류형태)

(라) 운동장 저류(학교저류)

학교, 유치원 등의 옥외운동장을 지역내 저류시설로서 이용하는 경우에는 아동, 유파에 대한 안전성을 배려하여 이용수심, 저류가능용량을 설정하도록 한다. 교정저류는 교정전체에 우수를 저류하는 방식으로 구조는 수심이 얕은 굴착식을 원칙으로 한다.

학교 운동장 저류의 경우 침수가 장기간 지속되는 경우에는 체육수업 들의 지장을 초래하므로, 강우 종료 후에는 신속히 기능회복을 도모할 수 있도록 하여야 한다. 이를 위해 운동장 흙입자가 세

분되는 것을 방지하며 배수가 좋은 장소를 선택함과 동시에, 운동장에 배수구를 설치하도록 한다. 또한 전술한 주차장 저류와 같이 우기시 학생들의 등·하교길을 위해 보행로를 높이는 것이 중요하다.

이와 같이 학교 운동장은 교육시설로 본래 기능을 파괴하지 않도록 정기적인 시설의 점검이나 청소 등의 적절한 관리 외에도 우수 유출저감 기능에 관한 관리 역시 필요하다.



(a) 평상시

(b) 저류시

그림 3.6 침수형 저류시설 사례()

② 전용 저류시설

도심지의 전용 저류시설은 대부분 지하저류조의 형태로 설치되어, 평시에는 빙공간으로 유지되며, 여름철 집중호우시 하류관거의 통수능력 초과유량을 저류후 방류하여 하류의 홍수 부담을 경감시킬 수 있도록 계획되어야 한다. 설치된 지하저류시설의 효율적 이용을 위하여 저류된 물을 소방용수·정원용수 등으로 활용할 수도 있다. 전용 저류시설에 저류된 물은 연결관로를 통하여 하류로 흘려보내거나, 연계된 침투시설을 통하여 하부 지반으로 침투시킬 수도 있다.

저류된 물을 연결관로를 통하여 하류로 흘려 보낼시, 배수구역내 하류지역의 첨두 홍수량을 지연시킬 수 있도록 배수시설을 계획하여야 한다.

물이용의 효율성을 확보하기 위하여 중수도 시스템 등을 설치할 경우 저류된 물을 재활용하는데 사용할 수도 있다.

지역내 전용저류시설의 관리시 관리비용이 최소화 될 수 있도록 계획되어야 하며, 저류된 우수로 인하여 병충해 발생등 환경상 문

제가 발생하지 않도록 주의하여야 한다. 사유시설로 설치된 지역내 전용저류시설의 운영 및 관리에 대해서는 기초자치단체장이 조례 등으로 정하여 인센티브 등을 제시할 수 있는 방향을 모색하도록 한다. 또한, 우기이전 저류시설을 비워 둘 수 있도록 계도가 필요하다.

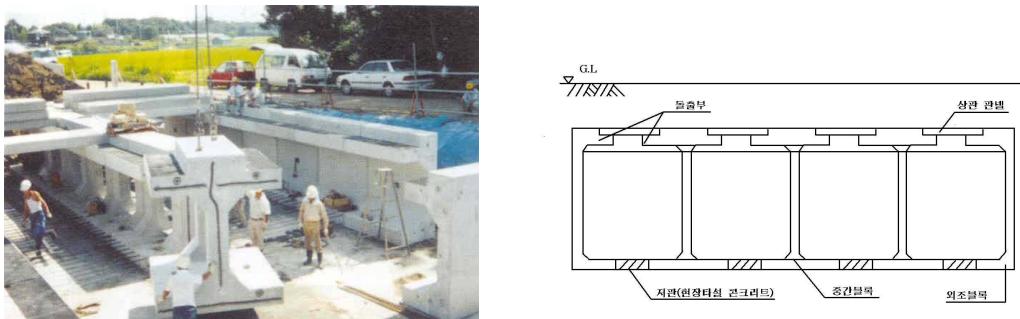


그림 3.7 전용 저류시설 시공 및 단면()

(가) 쇄석공극 저류시설

쇄석공극 저류는 쇄석 등의 공극을 우수의 저류공간으로 이용하는 저류효과와 침투효과를 동시에 가지는 방법이다. 쇄석공극 저류는 땅 속에 쇄석구(트렌치), 쇄석조를 설치하여 쇄석간의 공극에 우수를 유입시키고 그 상부는 녹지나 운동장으로 이용하는 것이다. 이와 같은 쇄석공극 저류에 필요한 경비는 다른 저류시설, 침투시설과 비교해서 일반적으로 저렴하며, 시설 계획규모상 융통성이 크다. 따라서 다른 공법과 시설을 조합하여 유기적인 우수 유출저감 기능의 일환이 되도록 계획하는 것이 좋은 방법이라 하겠다. 쇄석공극저류시설의 적용예는 아래의 표 3.3와 같다.

유

그림 3.8 쇄석공극 저류침투시설

표 3.3 쇄석공극저류시설의 적용 예

설치장소의 이용	집 수 대 상	공극저류 침투시설
단독주택	지붕	<input type="radio"/>
	건물주택(,)	<input type="radio"/>
주택단지, , 학교 등	지붕	<input type="radio"/>
	건물주변 (, , , ,)	<input type="radio"/>
공원 등	식재지(), , , 운동장	<input type="radio"/>
도로	보차도 구별이 있는 도로의 차도	
	보차도 구별이 있는 도로의 보도	
	보차도 구별이 없는 도로	

(2) 건축물 저류(주택단위 저류시설)

① 저류시설(저류탱크)

설치된 지하저류시설의 효율적 이용을 위하여 저류된 물을 중수도·정원용수 등으로 활용할 수도 있다. 전용저류시설에 저류된 물은 연결관로를 통하여 하류로 흘려보내지거나, 연계된 침투시설을 통하여 하부 지반으로 침투시킬 수도 있다.

주택단위 저류시설의 설치에 따른 인센티브는 기초자치단체장이 조례 등으로 정하여 제시할 수 있는 방향을 모색하도록 한다. 또한, 우기이전 저류탱크를 비워 둘 수 있도록 계도가 필요하다.

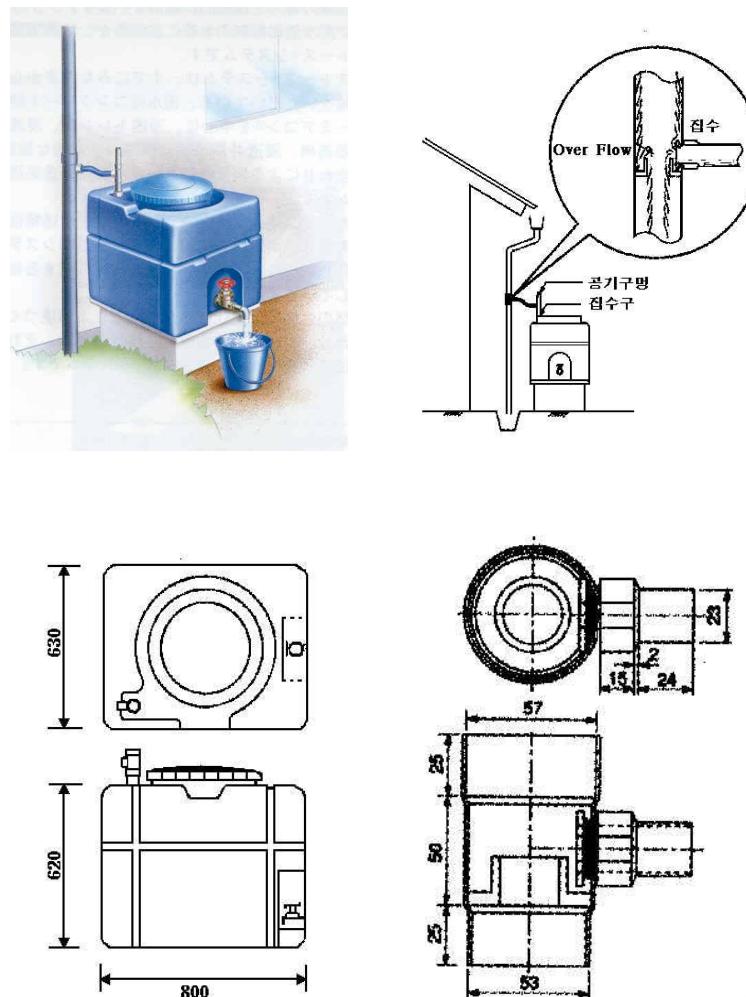


그림 3.9 주택단위 저류시설()

② 지붕저류

연립주택 등의 옥상을 지역내 저류시설로써 이용하는 경우에는 지붕방수 및 건축물의 기본 구조도의 영향을 배려해서 저류가능용량을 설정하도록 한다.

지붕의 저류특성은 특히 도시형 홍수에 많은 피해를 입는 고밀도 시가화 지역에 대해 아주 효과적인 방법이고 차량의 통행에 장애가 되지 않을 뿐만 아니라 일반적으로 보이지 않는 곳에 설치되므로 외관상의 문제와 어린이들의 안전성의 문제도 없는 것이 특징이다.

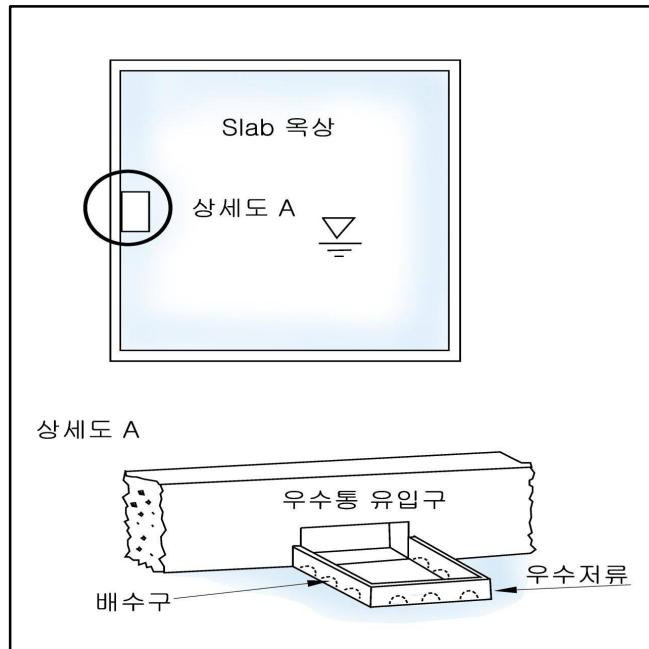


그림 3.10 지붕저류의 개념도

③ 지붕녹화

건축물의 개발로 발생하는 불투수면적의 증가분을 지붕을 녹화하여 우수의 침투유출시간을 자연시킴으로서 홍수로 인한 피해를 줄이는 방법으로, 개별 건축물의 지붕을 녹화하는 방법과 지붕으로부터 유출되는 우수를 집수하여 지상에서 침투 및 저류를 시키는 방법이 있다.

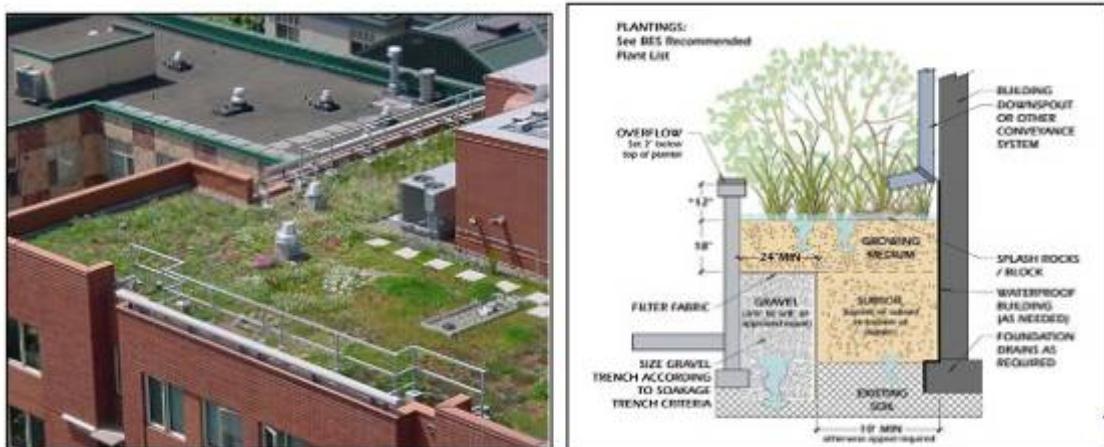


그림 3.11 지붕녹화 개념도

(Stormwater management manual, Portland State, 2004)

④ 저류형 화단

건축물의 개발로 발생하는 불투수면적의 증가분을 화단 등으로 녹지화하여 우수의 유출시간을 자연시킴으로서 홍수로 인한 피해를 줄이는 방법이다. 개발지역내 녹지화한 공간을 낮게 배치하여 개발지역에서 발생하는 우수를 집수할 수 있도록 계획할 경우 적은 면적으로도 우수한 성능을 발휘 할 수 있는 장점이 있다.



그림 3.12 저류형 화단 개념도

(Stormwater management manual, Portland State, 2004)

⑤ 물데시스템

기존 배수측구의 경우 도로포장에서 발생되는 노면수가 우수관거로 직접유출됨에 따라, 홍수유출을 자연시킬지 못하는 단점이 발생한다. 또한, 초기 노면수가 하천으로 직접유출됨에 따라, 도로 비점오염원의 직접유출을 유발하는 문제가 있다. 따라서, 도로와 보행자통로 사이에 물데시스템을 설치하여 우수관거를 연결할 경우, 우수의 침투 및 저류 효과로 홍수유출을 자연시킴과 동시에 초기노면수 비점오염원을 제거할 수 있는 장점이 있다.



기준 배수측구



물데 시스템

그림 3.13 물데시스템 개념도
(Stormwater management manual, Portland State, 2004)

3.2 저류시설 계획

본 절에서는 지역외(Off Site)저류지 시설을 계획시 고려해야 할 일반사항에 대하여 설명한다. 본 절에서 언급되지 않은 기타 지역 내(On Site) 시설에 대한 계획은 본 기준 제2장에서 설명된 ‘우수 유출저감시설 규모계획’에 의거하여 적정규모를 선정하여야 하며, 설치지역, 연계건축물의 사용용도 등을 종합적으로 고려하여 적정한 형태의 시설을 계획하도록 한다.

3.2.1 저류시설 계획

- 지역외 저류시설은 제2장에서 설명된 해당배수구역의 우수유출저감 기본계획 결과를 바탕으로 규모 및 위치를 결정하여 설치하여야 한다
- 지하저류조의 계획시 저류조의 설치에 따른 영향 검토를 실시하도록 한다
- 저류시설 계획시 관리 및 소유권에 대한 분쟁이 없도록 하여야 한다

【해설】

- 지하저류조의 계획시 지하수맥의 차단, 지반침하, 지하수 또는 하천 수질 등 환경측면 및 다른 도시시설에 영향을 주지 않아야 하며, 장래 도시 지하공간 이용계획과 부합되도록 종합적인 검토가 필요하다.
- 지하저류조의 관리는 하천관리자가 토지를 소유하면서 사용권을 갖는 경우가 있고, 지상의 토지나 시설물에 대하여 부분적으로 사용권과 관리권을 제3자가 갖게 되는 경우가 있다. 따라서 지하저류조의 관리권에 대하여는 기초자치단체장이 조례 등으로 정하여 소유권과 관리권에 관한 분쟁이 없도록 해야 한다.

3.2.2 저류시설의 다목적 이용계획

- 상습침수지구 중에서 도시지역에서는 토지이용상 공간적인 제약으로 인하여 홍수조절에 필요한 넓은 용지를 확보하는데 어려움이 있고 용지취득에도 많은 시간을 요하는 경우가 많다. 따라서, 지하저류조를 설치시 저류된 물을 소방용수·정원용수 등으로 활용하는 기능을 제고시켜 투자효과를 높일 수 있다.
- 지하저류조를 설치시 평시 상부공간을 활용하는데 있어서 필요한 저류조의 규모와 형상, 홍수방어 효과 및 유지관리 이외에 안전성과 사업의 계획성(경제성) 등을 충분히 고려해야 한다.

【해설】

- 홍수조절용 지하저류지의 기능을 살펴보면, 홍수 발생시에는 증가하는 유출량을 조절하는 기능으로 활용하고 평상시에는 다양한 기능의 다목적 시설로 활용할 수 있다.
- 지하저류지를 다목적 용도로 이용할 수 있는 조건을 갖춘 시설은 주택, 학교, 공원, 녹지, 운동시설, 주차장 등의 공공 공익시설과 교통관련시설 등이 있다. 도시 특성에 맞추어 추가로 시행하는 것보다는 사업계획 수립시에 지하저류조를 설치하는 방안을 검토해야 한다.
- 지하저류조를 설치할 때에는 이해관계자의 충분한 동의 또는 공감대가 형성되어야 한다. 따라서 홍수방어의 효과와 시설의 안전성

확보는 물론 저류조 설치로 인한 경제성을 검토하여 실현 가능한 계획을 수립해야 한다. 홍수조절기능 이외에 다목적 용도로 저류조를 설치할 경우에는 다목적 용도의 기능에 적합한 구조를 갖추어야 하며, 이용자의 안전성을 충분히 확보해야 한다.

3.2.3 방류구 시설계획

- 지역외 겸용저류시설은 우수유출저감시설 기본계획에 의거하여, On line 또는 Off Line 방식으로 배수관로와 연계하여 설치에 대한 검토를 해야 한다.
- 저류지의 방류구시설은 평상시의 저수와 홍수시 본류하천의 수위가 저류지의 계획홍수위에 도달할 때까지 저류지에 저류되지 않고 저류지유입량을 직접 본류 하천으로 방류하기 위하여 설치하는 시설이며, 방류구의 위치, 배수량, 내외수위 관계 등을 고려하여 충분히 기능을 발휘할 수 있도록 해야 한다.
- 저류지에서 홍수조절 방류를 위한 통로인 여수로는 방류량 조절을 위한 여수로 및 수문과 에너지 감쇄를 위한 감세공으로 구성되며, 여수로를 통한 고속 방류수로 인한 손상의 우려가 많으므로 평소 철저한 관리가 필요하다.
- 설계홍수 이상의 홍수에 대비하기 위하여 적정규모의 비상여수로를 계획해야 하며, 비상여수로 하류단에는 감세공 또는 바닥다짐공의 설치를 계획해야 한다.

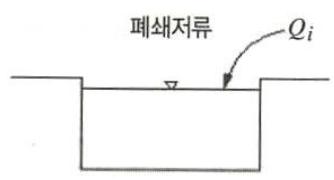
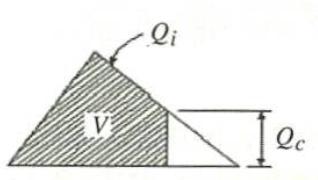
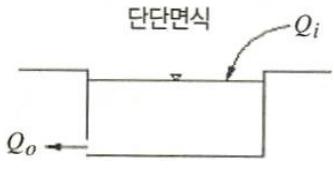
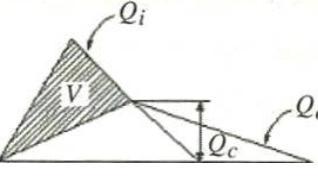
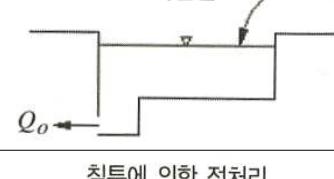
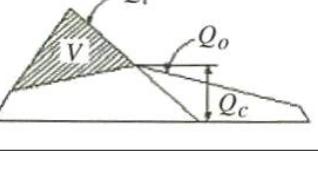
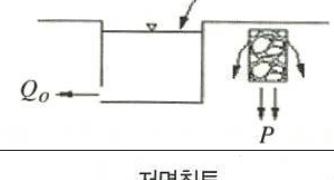
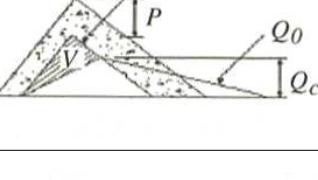
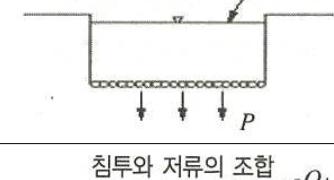
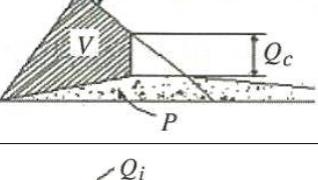
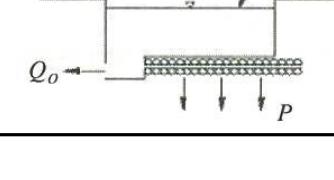
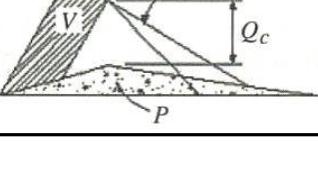
【해설】

- 저류지의 방류구 시설은 자연배수가 원활히 이루어질 수 있도록 설치하며 저류지 조작이 유리하도록 해야 한다. 방류구의 규모는 내, 외수위 상관성을 분석하여 설계방류량을 충분히 소통시킬 수 있어야 하고 저지유역 간선배수시설의 시설규모 이상으로 설치한다. 방류구의 표고는 내수의 배제를 원활히 하고 장래의 확장이나 유지보수가 용이하도록 결정해야 한다.
- 비상여수로는 월류형 여수로를 채택하며 마루고는 최고수위인 계획홍수위에 일치시키고 폭은 이상홍수에 해당하는 홍수위를 추적하

여 월류수두가 저류지의 여유고를 초과하지 않는 조건이 되어야 한다. 또한 비상여수로 하류단에는 감세공 또는 바닥다짐공을 설치하여 세굴에 대한 대책을 수립해야 한다.

- 우수유출저감시설의 방류형식의 종류와 이에 따른 수문모형화 과정은 표 3.4와 같다.

표 3.4 우수유출 제어시설 기본개념

시설의 형식	조절과 필요용량의 개념	비고
폐쇄저류	 	저류가능용량이 작은 경우는 초기 강우의 차단만으로 침수 배제의 효과를 기대할 수 없는 경우가 있다. 배수는 펌프에 의한다.
단단면식	 	off site 저류에서는 이 형식이 많다. 지구의 전용조정지, 지구의 겸용조정지 가운데 지하저류 및 상하저류가 이에 해당된다.
다단면	 	다단식으로 해서 상단의 침수빈도를 내려 다목적이용을 꾀한다.
침투에 의한 전처리	 	침투시설에 의해 우수의 전처리를 하고 침투하지 못했던 우수를 저류시설로 처리한다.
저면침투	 	기본적으로는 폐쇄저류인데 투수성이 높은 지반에서는 유효하다.
침투와 저류의 조합	 	침투시설과 저류시설을 조합한 것으로 담수시간의 단축, 침수빈도의 감소에 효과적이다.

우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

주) Q_i : 유입량, Q_o : 방류량, Q_c : 허용방류량, V : 필요조절용량, P : 침투량 (하천설계기준, 2009)

3.3 저류시설의 유지관리

3.3.1 개요

지역외 저류시설은 평상시에는 우수유입을 상시유도수로를 통해 하류관거로 방류토록하여 평시 저류시설의 역할은 필요 없으나 여름철 집중호우시 하류관거의 통수능력 초과유량을 저류토록 계획되어 있다. 따라서, 재해대책기간 전·후로 저류시설내의 토사준설 및 유입·유출수로의 점검 등의 유지관리를 철저히 하여야 하므로, 본 절에서는 이에 대한 유지관리 지침을 제시한다.

3.3.2 일반관리

·저류시설물은 주야를 불문하고 그 기능을 충분히 발휘할 수 있어야 하며, 저류시설의 주된 유지관리 작업은 주간에 실시하는 것이 일반적이며 야간작업은 긴급을 요하는 상황시에만 하는 것으로 한다.

【해설】

- 주간에 실시되어야 하는 일반적인 유지관리 작업의 종류는 다음과 같다.
 - ① 시설내의 출입문, 방책등의 점검 및 보수
 - ② 시설 내의 점검 및 청소
 - ③ 암거, 방류수로, 월류웨어 등의 점검 및 청소
 - ④ 시설 주변의 식목, 잔디 등의 손실
 - ⑤ 약제살포(파리, 모기, 쥐 등의 발생방지)
 - ⑥ 냄새방지 및 동파방지대책
 - ⑦ 도장
 - ⑧ 저류조 및 연결관로 준설, 정비
 - ⑨ 저류조내 고인물 제거
 - ⑩ 구조물 파손, 누수 및 균열조사
 - ⑪ 유출관로 및 맨홀 점검
 - ⑫ 유지관리 수문의 점검 및 보수
- 관리 작업 중 특별한 관리를 요하는 사항은 다음과 같다.

- ① 시설의 인계 : 새로 저류시설이 증설되거나 설비 등이 증설되었을 때는 건설부문과 유지관리 부문과의 사이에 인수·인계가 필요함으로 증설 후 시설물을 충분히 기능적으로 관리하고 운전을 원활하게 하기 위하여는 시설의 상태를 조사 확인한 다음 인계받는 것이 중요하며, 또 문제가 발생하였을 시 건설부문과 유지관리부문이 협력하여 해결하여야 한다.
- ② 청소 : 저류조내의 청소는 정기적으로 실시하도록 계획되어야 하며, 특히 여름철, 가을철 집중호우 이전 청소에 대한 계획을 수립하여 집행하여야 한다. 지하저류시설과 같은 폐쇄 공간의 작업시 작업자의 안전에 주의를 요하므로 이에 대한 안전관리 계획이 수립되어야 한다.
- ③ 쥐, 해충등의 대책 : 저류조내의 물이 고일 수 있는 장소 등에는 쥐, 파리, 모기 등의 발생하는 일이 있다. 쥐, 해충 등의 방제의 가장 기본적인 것은 발생한 후의 구제가 아니고 발생을 미연에 방지하는데 있다. 이를 위하여는 오물을 신속하게 처분하고 정기적인 소독을 하며, 항상 위생적인 환경을 유지하는 것이 필요하다. 청소 및 쥐, 해충 등의 방제 또는 구제작업은 미리 연락을 취하여 장내에서 동시에 실시하는 것이 바람직하다.
- ④ 출입문, 방책관리 : 출입문, 방책 등은 단순히 영내의 경우를 표시할 뿐만 아니라 불필요한 사람이나 특히 어린이가 장내에 들어오는 것을 방지하기 위한 것이다. 야간에 개방된 게이트나 방책 등의 설치가 안된 장소에 사람이 출입함으로서 추락사고를 일으키는 일이 있으므로 이러한 일이 일어나지 않도록하여야 한다.
- ⑤ 신고사항 : 유지관리에는 각종신고가 필요하다 그 관계법령에는 하천법, 수도법, 전기사업법, 환경관련법, 소방법, 건축법 등이 있으며 이들 관계법령에 의하여 정해진 유지관리에 신고사항을 알 아두어야 한다.
- ⑥ 설비고장 및 사고시 대책 : 저류조의 기능정지는 배수구역에서의 우수에 의한 도로, 가옥의 침수로 연결되므로 반드시 비상시 대책에 관한 계획을 수립하여야 한다.
- ⑦ 매설물의 손상 : 개량 또는 보수 등의 공사를 위하여 장내를 굴토

시 케이블이 절단되거나 배관이 파손될 수 있으니 장내의 매설물의 관리대장을 정비하여 매설장소의 표식을 보전하도록 주의할 필요가 있다. 또 특별한 사정이 있는 경우를 제외하고 담당직원이 입회하지 못한 경우에는 굴토 등을 중지하여야 한다.

- ⑧ 이물질의 유입 : 저류조 내에는 불법 투입된 이물질이 유입하는 경우가 있으므로 이에 대한 정기적인 확인 및 조치계획이 수립되어 있어야 한다.
- ⑩ 준설 : 토사 등의 퇴적은 유수를 저해할 뿐아니라, 악취발생, 잡초의 무성 등 비위생상태가 되기 쉬우므로 적절히 준설하여야 한다. 청소 및 준설에 의하여 제거된 토사는 주위의 환경 등에 충분히 유의하여 법령이 정하는 바에 따라 처분하여야 한다. 운반에 있어서는 수밀성의 운반차를 사용하여 운반도중 비산 또는 유출하지 않도록 덮개를 덮은 것이 좋다.
- ⑪ 수문설비 관리 : 여름철, 가을철 집중호우 이전 점검시 연결 수문이 무리없이 잘 열리고 닫히는지 확인하고 이상현상이 발생하면 즉시 조작을 멈추고, 조치를 취하여야 한다.

3.3.3 점검 세부지침

(1) 점검 계획 및 시기

점검은 정기점검, 특별점검으로 구분하여 시행한다.

① 정기점검

정기점검은 시설물의 기능발휘 여부 및 유지관리 계획수립에 필요한 자료수집을 주 목적으로 하여 재해대책기간 전·후로 최소 년 2회이상 관리부서에서 시행한다.

② 특별점검

장마, 홍수, 태풍, 일반강우 등 재해발생 우려가 큰 시기의 전후에 시행하며 위험개소 또는 적절한 관리가 요망되는 시설물을 중점 점검시행하며 주요 점검사항은 아래와 같다.

(2) 점검 내용

일반적으로 점검에는 아래 사항을 중점적으로 조사하여야 하며,

조사된 내용에 대하여는 점검기록부 및 유지관리대장(붙임 양식 1~2참조)을 작성하여야 한다.

- ① 우수의 유하상태
- ② 구조물의 손상, 부등침하 여부
- ③ 저류조내의 오염 유무
- ④ 저류조내의 무단사용 여부
- ⑤ 저류조내 퇴사량의 침전여부
- ⑥ 악질하수의 유입 및 유해가스 유무
- ⑦ 저류조내 불법투기
- ⑧ 맨홀 및 저류조 출입부의 파손 또는 개폐여부
- ⑨ 유도수로 및 유출관로 파손 여부
- ⑩ 유지관리 수문의 이상유무
- ⑪ 기타 저류조내 장애요인

(3) 준설 계획 및 관리감독 사항

지역특성에 맞도록 직영 또는 도급준설 방법을 채택, 시행하되 능률향상 및 기계화에 의한 전문성 향상 등을 고려하여 최대한 민간업체에 도급 시행토록 추진한다.

- 도급준설에 따른 설계시에는 준설토를 하천변 등에 불법 투기하는 일이 없도록 최종처리방법을 제시하여 계약내용에 명기할 것이며, 계약시에는 폐기물관리법에 따라 적정처리를 위한 위탁처리계약서 사본(원본을 계약담당공무원이 확인)을 첨부토록 함.
- 폐기물처리에 소요되는 적정비용을 공사비에 반영하여 폐기물의 불법처리 문제가 발생되지 않도록 함
- 장비 및 인력 등을 보유하지 아니한 업체가 영세업체에 저가로 불법 하도급 하는 등 부실시공이 되지 않도록 철저히 관리하고, 준공 검사시에는 관계관이 저류조 내부를 육안으로 직접확인해야 한다.
- 부실공사 적발시에는 건설관계 법령에 의거하여 법적 제재를 시행 하도록 한다.
- 하도급, 부실시공 또는 준설토사를 하천 등에 불법투기하여 환경오염문제를 야기 시키는 부정당 업체는 입찰참가 제한 및 관보게재를

시행한다.

【양식 1】

점검기록부(일일)					담당자	담당계장	과장
점검일	2008. 00. 00	점검자	000급 0 0 0	일기			
위치	00군 00 읍 00리 00번지			시설명			
번호	점검내용	유출입 관거	맨홀	저류조	조치사항		
1	우수의 유하상태						
2	구조물의 손상, 부등침하여부						
3	오염여부						
4	관거 및 저류조내 불법투기 여부						
5	저류조의 무단사용 여부						
6	토사량의 적치여부						
7	악질하수의 유입 및 유해가스의 유무						
8	맨홀 및 저류조 출입부 파손여부						
9	맨홀 및 저류조 출입부 개폐여부						
10	유도수로 및 유출관로 파손여부						
11	유지관리 수문의 이상 유무						
12	기타사항						
※ 특이사항							

【양식 2】

유지 관리 대장(월보)			담당자	담당 계장	과장
시설명		점검일			
		00.00.00	00.00.00	00.00.00	
보수 및 개량	위치				
	작업내용				
	작업기간				
	작업인원				
	투입장비	장비명			
		가동시간			
	사용연료				
준설	위치				
	토사퇴적량				
	작업기간				
	작업인원				
	투입장비	장비명			
		가동시간			
	사용연료				
기타					

3.4 저류시설 모니터링 시방서

3.4.1 목적

·다양한 저류시설의 저감효과를 정량적으로 파악하기 위하여 강우량, 저류시설로의 유입량, 저류시설내 저류량, 저류시설로부터의 유출량을 계측하여 저류시설의 설계용량을 확인할 수 있는 자료를 생산하는데 필요한 모니터링 시행방법과 절차를 마련하는데 목적이 있다

【해설】

- 원격제어 및 모니터링시스템(TM/TC) 설치 시 고려사항
- ① 저류지 유입구, 침수지역, 하천 방류지점에 수위계, CCTV 등 설치
 - ② 상황실에서 원격제어 및 모니터링시스템(TM/TC)을 실시간 가동하여 최적의 저류시설 운영
 - ③ 저류시설의 저감효과 분석을 위해 계측자료 관리
 - ④ 하천의 수위(외수)와 저류지 시설(내수)간의 저류시점과 방류시점에 대해 연계성을 갖추도록 할 것
- ※ 외수위(하천)와 내수위(저류시설)의 간 수위변화에 따라 저류 및 방류시점 결정

3.4.2 제어·계측 시스템 구성 및 운영

·저류시설의 효율적 운영을 위해 자동운영시스템을 구축하고 저류시설의 형태나 구조에 따라 저감효과가 측정될 수 있도록 계측시스템의 구성 목적에 맞게 합리적으로 구성한다

【해설】

- ① 원격제어 및 모니터링시스템(TM/TC)을 구축하여 초기 우수는 배제하고, 침수위험 수위 도달시 첨두홍수량을 유입, 저류할 수 있도록 지역설정에 맞게 운영체계를 프로그램화하여 자동운영 시스템을 구축한다.
- ② 저류시설의 효과를 계측하기 위해서는 설계 도면의 저류시설이 설계용량 기능의 달성을 여부를 계측하는 것으로 한다.
- ③ 모니터링의 기본 원칙은 저류시설의 저감량을 실측할 수 있도록

구성되어야 하며, 유출과 저류의 상황이 시간이 동기화된 상태로 실시간 계측을 수행해야 한다.

- ④ 저류시설이 설치된 유역에서 강우량의 계측은 필수 항목이다.
- ⑤ 일반적인 저류시설일 경우 주변유역 대표 외수위, 저류지의 유입량, 저류지 수위, 저류지 유출량을 측정하여야 한다. .
- ⑥ 저류조일 경우 저류조 수위를 계측하여 저류량을 추정하는 형태를 기본으로 하되 연속적으로 가동하게 설계된 저류조일 경우에는 유입 침사조나 유입수로의 유입량을 추가적으로 계측한다.

- 저류시설의 운영체계 프로그램화를 통한 자동운영체계 구축

- ① 저류시설의 프로그램화를 통한 자동화 시스템 구축
 - 하천수위, 침수지역 수위 등을 실시간 계측하여 일정 단계(침수 위험수위 상승 또는 수위하강) 도달시 첨두홍수량이 저류지로 자동유입 또는 유출 될 수 있도록 지역설정에 맞게 프로그램화하여 유입·유출 수문이 자동개폐 될 수 있도록 자동운영 시스템 구축
 - ※ 비상시 수동으로 조작가능도록 시스템 구축
- ② 상황실과 연계, 원격제어 및 모니터링시스템 구축
 - 저류시설의 가동(운영)상황을 상황실에서 실시간으로 모니터링하여 계측·제어할 수 있도록 원격제어 및 모니터링 시스템 구축
- ③ 저류시설 운영 프로그램 고도화 추진
 - 축적된 모니터링 자료를 검토·분석, 기 구축된 프로그램을 고도화하여 저류시설 운영시스템 최적화
- ④ 비상상황 대비, 안전(보호)시설 구축
 - 악기상시 낙뢰 등에 의한 피해 예방을 위해 피뢰침 등의 시설 설치
 - 전력공급 중단(단전)시 저류시설의 정상 가동을 위해 비상전원(축전지 등) 공급시설 설치 검토

(1) 강우량

- 저류시설을 통한 유입, 유출의 양을 보다 더 정확히 파악하고자 강우량을 계측한다
- 강우량 계측을 위해 전도형 자기 우량계(0.5mm/bucket)를 사용한다

(2) 하천 외수위 및 저류시설 수위 계측

- 유역(배수시설)에서 저류시설로의 유입여부와 시기 등을 파악하기 위해 하천의 수위를 계측하고, 저류시설의 효과분석을 위해 저류시설내 수위를 계측한다
- 대상 하천 또는 저류시설의 입지 여건과 부대 상황 등을 고려하여 압력식 수위계, 초음파식 수위계, 전자파식 수위계 등을 이용한다

표 3.5 수위계 비교

구 분	압력식	초음파식	전자파식
측정방식	접촉식	비접촉식	비접촉식
측정범위	0 ~ 100m	0 ~ 15m	0 ~ 30m
출력방식	아날로그	아날로그	디지털
특징	<ul style="list-style-type: none"> - 반응속도가 빠르다. - 유지보수가 어렵다. - 수온의 영향을 받는다. - 가격이 저렴하다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 반응속도가 빠르다. - 유지보수가 용이하다. - 대기온도 및 대기압의 영향을 받는다. - 상대적으로 고가이다. (압력식 대비) 	<ul style="list-style-type: none"> - 반응속도 느린 편임. - 유지보수가 용이하다. - 외부환경에 의한 영향이 거의 없다. - 상대적으로 고가이다. (초음파 대비)

(3) 유입량 및 유출량 계측

- 유역(배수시설)에서부터 저류시설로 유입되는 유량과 저류시설에서 하천(배수시설)으로 유출되는 유량을 계측하여 그 차이를 통해 저류시설의 효과를 입증한다.
- 유입구과 유출구의 유량 계측을 위해서는 유속과 수위를 동시에 계측하여 이들 값으로부터 유량을 산출한다. 대상 지점의 상황에 따라 전자기 유속계, 초음파 유속계, 초단파 유속계 등을 이용한다.

표 3.6 유속계 비교

구 분	전자기유속계	초음파유속계	초단파유속계
측정방식	접촉식 (Electro magnetic)	접촉식 (Pulse Doppler)	비접촉식 (Pulse Microwave)
측정원리	기전력의 세기	주파수의 변동	주파수의 변동
측정범위	0.5 ~ 5m/s	-5 ~ 5m/s	0.2 ~ 20m/s
특징	기전력의 세기로부터 유속을 측정하므로 물질로 인한 영향이 없다.	도플러 효과로 인한 주파수의 변동으로 유속을 측정하므로 음원이 가려질 경우 측정이 불가능.	도플러 효과를 이용해 유속을 측정하지만 비접촉식이므로 음원이 가려질 염려가 없다.
	단면전체의 평균유속을 측정한다.	수심별로 측정된 유속을 평균한다.	표면유속을 측정한다.
	유량환산을 위해 별도의 수위계를 설치하여야 한다.	별도의 수위계가 내장되어 있다.	별도의 수위계를 설치하여야 한다.
	역방향 유속측정이 불가능하다.	역방향 유속측정이 가능하다.	역방향 유속측정이 불가능하다.

(4) 데이터로거

- 강우량, 수위, 유속 등 측정된 자료는 데이터로거에 저장한다.

【해설】

- 자료저장을 위한 데이터로거는 sleep mode를 지원하여 초절전형으로 가동되는 제품을 사용하여야 한다.
- 데이터로거의 위치는 대상 지점의 현장상황을 고려하여 배치하여야 하며 하나의 데이터로거에서 모든 측정값들을 입력받을 수 있도록 다수의 디지털 입력부와 아날로그 입력부를 갖추고 있어야 한다.

- 측정된 자료는 ASCII 파일형태로 각 측정시간별로 저장한다.
- 데이터로거에는 CDMA 통신모듈을 장착하여 데이터로거의 작동 상태 및 실시간 자료획득이 가능하여야 한다.
- 데이터로거는 CDMA 통신망을 이용하여 GPS 시간동기화가 가능 하여야 한다.
- 데이터로거에 저장된 자료를 일정시간 간격으로 SMS 또는 PACKET 통신을 이용하여 원격지의 서버로 전송하여야 한다.
- 장기간의 자료저장을 위하여 내부 메모리와는 별도로 외부 메모리 증설이 가능하여야 한다.
- 필요시 현장에서 케이블을 이용하여 데이터로거에 저장된 자료를 확보할 수 있어야 한다.

(5) 자료수집 및 저장

- 강우량
 - ① 전원소모의 최소화를 위해 sleep mode 기능을 사용하며 매 1분마다 sleep mode를 해지하고 강우량을 측정한다.
 - ② 강우자료는 10분 간격으로 저장하는 것을 원칙으로 하며 강우가 발생하지 않았을 경우 자료의 저장과정을 생략한다.
 - ③ 강우가 발생할 경우 관리자에게 SMS로 강우발생상황을 통보하고 PACKET 통신을 이용해 원격지의 서버로 자료를 전송한다.
- 하천 수위
 - ① 전원소모의 최소화를 위해 sleep mode 기능을 사용하며 매 20초마다 sleep mode를 해지하고 수위를 측정한다.
 - ② 수위자료는 1분 간격으로 저장하는 것을 원칙으로 하며 수위의 변화가 없을 경우에는 자료의 저장과정을 생략한다.
 - ③ 수위측정은 1분에 2회로 매분 20초와 매분 50초에 수행한다.
 - ④ 30초마다 측정된 두 지점의 수위 차이를 비교하여 2cm 이상의 변동이 있거나 초기 수위와 비교하여 2cm 이상의 변동이 있으면 매분 정각에 측정된 수위를 데이터로거의 메모리에 기록한다.
 - ⑤ 하천 수위가 하강하여 초기 수위에 근접할 경우 수위 자료의 기록을 중지한다.

- ⑥ 수위 상승으로 인해 자료의 저장이 이루어지거나 수위 하강으로 자료의 저장이 중지될 경우 관리자에게 SMS를 이용해 상황을 전달한다.
- ⑦ 전원 절약을 위해 측정시만 센서에 전원을 인가하고 수위 측정이 완료되면 센서에 공급되었던 전원을 차단한다.

- 유속

- ① 전원소모의 최소화를 위해 sleep mode 기능을 사용하며 매 20초마다 sleep mode를 해지하고 유속을 측정한다.
- ② 유속자료는 1분 간격으로 저장하는 것을 원칙으로 하며 유속이 감지되지 않을 경우 자료의 저장과정을 생략한다.
- ③ 유속이 감지되면 매분 정각에 측정한 유속을 데이터 로거의 메모리에 기록하며, 유량 환산을 위해 함께 설치한 수위계의 수위자료도 같이 기록한다.
- ④ 유속이 감지되면 관리자에게 SMS로 상황을 전달한다.
- ⑤ 전원 절약을 위해 측정시에만 센서에 전원을 인가하고 측정이 완료되면 센서에 공급되었던 전원을 차단한다.

- 저류시설 내 수위

- ① 전원소모의 최소화를 위해 sleep mode 기능을 사용하며 매 20초마다 sleep mode를 해지하고 수위를 측정한다.
- ② 수위자료는 1분 간격으로 저장하는 것을 원칙으로 하며 수위의 변화가 없을 경우에는 자료의 저장과정을 생략한다.
- ③ 수위측정은 1분에 2회로 매분 20초와 매분 50초에 수행한다.
- ④ 30초마다 측정된 두 지점의 수위 차이를 비교하여 2cm 이상의 변동이 있거나 초기 수위와 비교하여 2cm 이상의 변동이 있으면 매분 정각에 측정한 수위를 데이터로거의 메모리에 기록한다.
- ⑤ 수위 상승으로 인해 자료의 저장이 이루어지거나 수위 하강으로 자료의 저장이 중지될 경우 관리자에게 SMS를 이용해 상황을 전달한다.
- ⑥ 전원 절약을 위해 측정시에만 센서에 전원을 인가하고 측정이

완료되면 센서에 공급되었던 전원을 차단한다.

(6) 센서 및 데이터로거의 설치

- 강우량계

·강우량계는 수수구로 강우를 집수하여 Tipping bucket에 연결된 스 위치에서 0.5mm 강우량을 나타내는 펄스가 발생하는 장비로 제작되어야 한다. Tipping bucket은 장기간 사용 시 이물질로 인한 고장이 없고 습기, 곤충 등에 방어적으로 설계되어야 한다.



- 수위계 설치

·저류시설 유입 전 하천의 외수위와 저류시설 내의 수위계는 주변구 조물 현황 등을 고려하여 선택해야 한다.
·하천의 교각이나 저류시설의 구조물을 이용한 비접촉식 방식의 수위계를 1차적으로 고려하여야 한다.

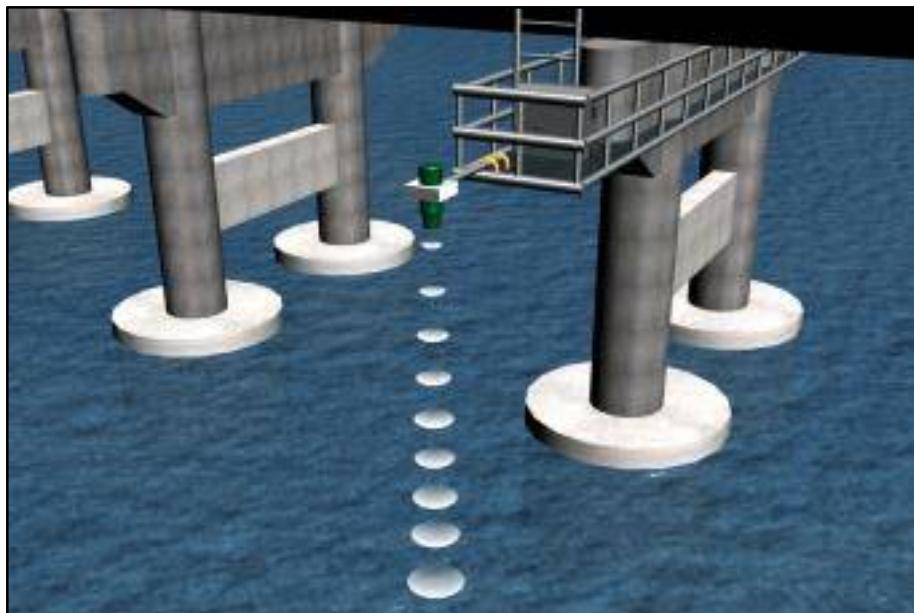


그림 3.15 초음파 수위계를 이용한 하천 수위 모니터링

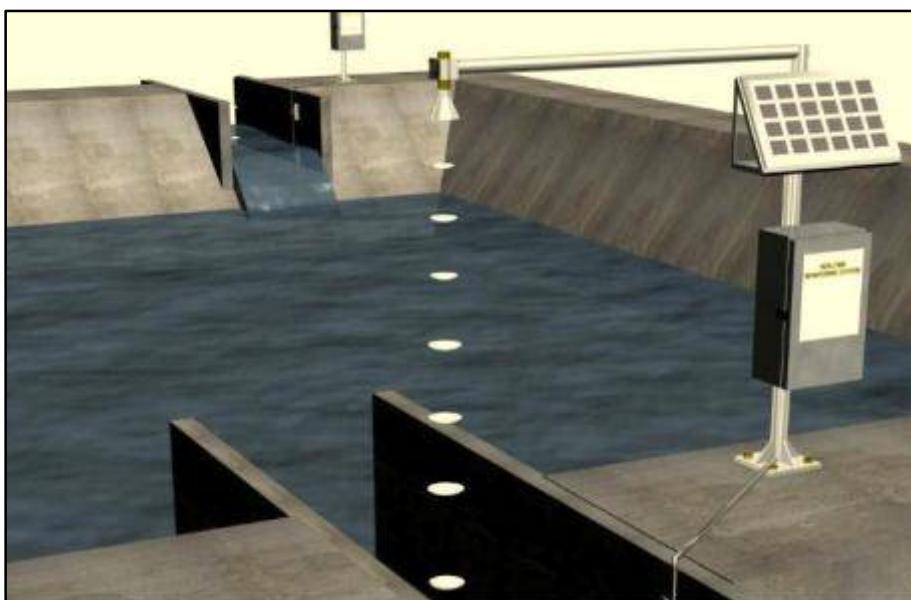


그림 3.16 레이다 수위계를 이용한 저류시설 수위 모니터링

- 유속계 설치

- 저류시설의 유입구 및 유출구의 유량을 산정하기 위해서 양질의 유속 자료를 수집할 수 있어야 한다.
- 유속계는 저류시설 유입, 유출구의 구조, 제원(폭, 높이), 반응속도 등을 고려하여 가장 적합한 형태의 센서를 선택하여야 한다.

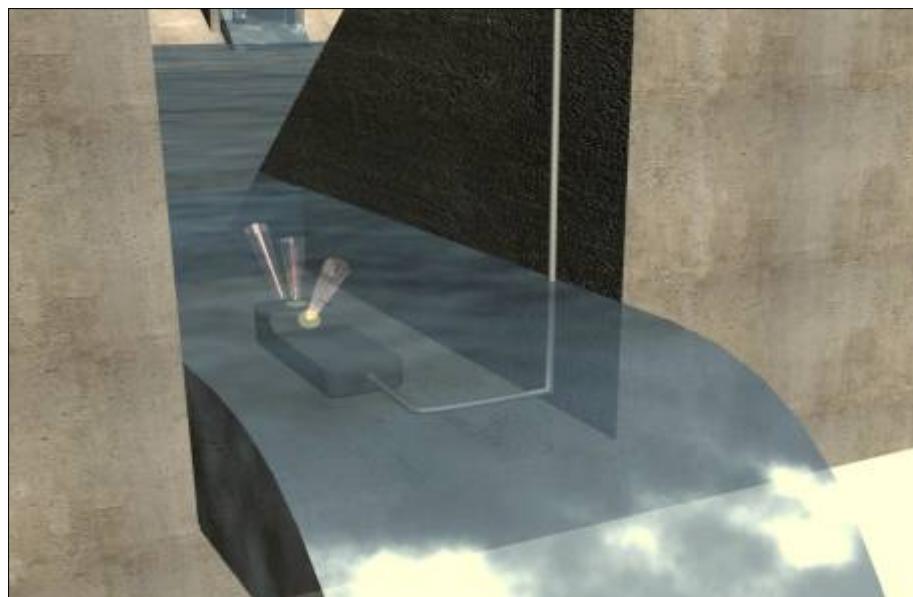


그림 3.17 도플러 방식의 초음파센서

(, ,) , 유량 측정

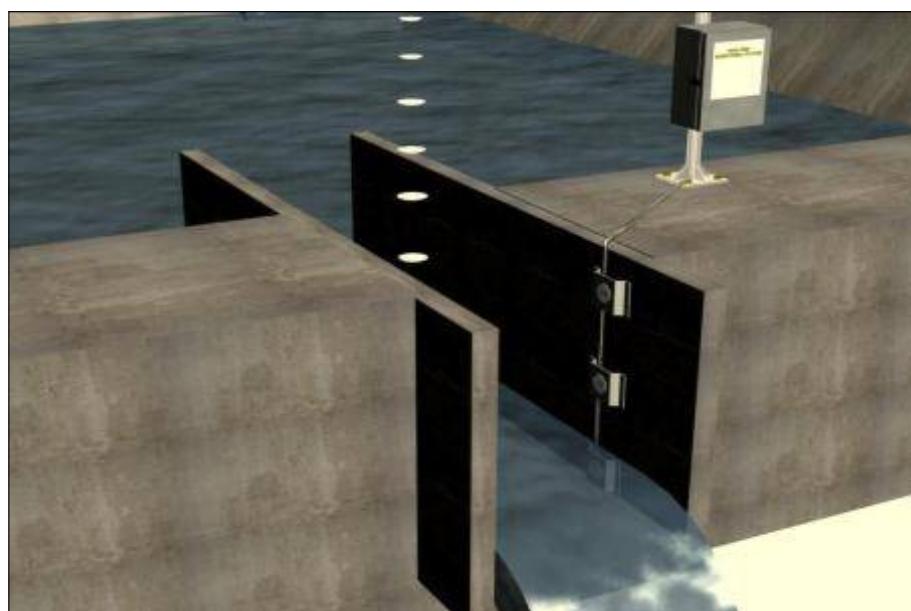


그림 3.18

(Electro Magnetic) 센서를 이용한
유속, 유량 측정

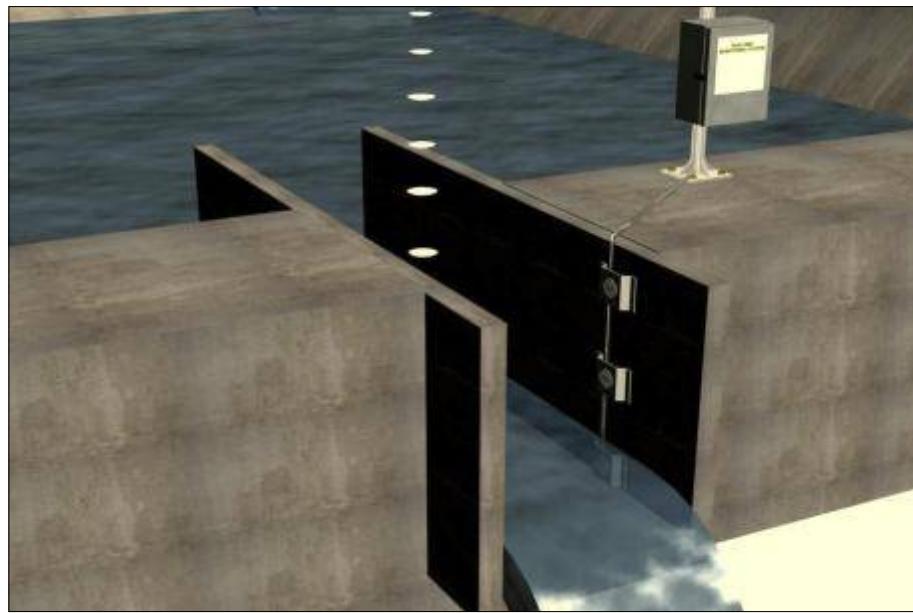


그림 3.19

, 유량 측정

제4장

침투시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

- 4.1 침투시설의 계획수립을 위한 조사 및 시험
- 4.2 침투시설의 규모계획
- 4.3 침투시설의 배치계획
- 4.4 침투시설의 종류, 시공 및 유지관리

제4장 침투시설의 종류, 구조, 설치 및 유지관리 기준

4.1 침투시설 계획수립을 위한 조사 및 시험

4.1.1 현장조사

- ① 시화로 인한 증대된 유출량을 저감할 목적으로 침투시설을 설치하는 경우 침투시설의 침투능력의 평가가 요구되며 아울러 표층지반에 대한 조사가 필요하다.
- ② 층 지반의 침투능력을 산정하고 침투시설의 설계침투량의 신뢰성과 정확도를 높이기 위해서는 현장조사가 실시되어야 한다.

【해설】

유출저감시설을 침투통 이외의 기타 여러 침투시설과 연계하여 설치할 경우 실시되는 현장조사의 절차를 나타내면 그림 4.1과 같으며, 조사시 다음의 사항들을 고려하여 검토한다.

(1) 자료조사

과거 문헌자료의 수집·정리를 통해서 대상지역의 지반특성을 파악하고 침투시설의 설치여부를 결정한다.

(2) 토질·지하수위·수질조사

현장침투시험에 관계되는 지반상황, 또는 막힘을 규정하는 유입수질의 파악 등 보다 신뢰성 높은 침투 능력 평가를 목적으로 필요에 따라 실시한다.

(3) 현장침투시험

Bore-hole법 등의 간이형 시험방법을 이용, 침투시험을 실시함으로써 대상 지반의 침투 능력을 직접 측정한다.

(4) 침투 능력의 평가

현장침투시험 결과로부터 여러 가지 지반조건에 대한 침투능을 투수계수 등으로부터 산정하고 침투능 곡선을 작성한다.

그림 4.1 현장조사의 절차

4.1.2 자료조사

- 자료조사는 침투 시설의 설치 가능성을 파악함과 동시에 효율적인 현장침투시험 계획을 작성하기 위해서 과거의 문헌이나 조사자료를 근거로 실시한다.

【해설】

자료조사는 현장침투시험에 앞선 예비조사이긴 하지만 침투시설을 설치할 장소의 선정이나 현장침투시험의 범위를 정하는 등 현장 조사를 효율적으로 수행하기 위해서 매우 중요한 작업이다.

(1) 자료의 수집·정리

침투시설 설치에 따른 검토가 필요한 항목으로는 대상지역의 지형·지질, 지하수위, 법령지정구역 등이 있으며, 이들에 대한 과거의 문헌이나 조사자료들을 중심으로 수집 및 정리한다.

① 지형

지형에 대해 참고가 되는 자료에는 각 기관이 작성한 조사지도 및 지형도 등의 정보가 있다.

② 지질

침투통, 침투트렌치, 침투측구, 투수성 포장 등의 침투시설을 설치하기 위한 대상지반은 주로 지표면 근처이며, 표층지질, 성토 상태, 불투수층의 존재 등을 기본 자료로 파악하여야 한다. 지질의 상황은 지형조건으로부터 추정할 수 있으며, 지질도나 지반도, 보링주상도 등의 자료로부터 확인할 수 있다. 기존의 보링자료(주상도)는 관련 기관 등으로부터 입수할 수 있으며, 지반도는 기존의 보링자료와 같이 지질층의 순서를 나타내고, 공학적 성질에 근거해서 지반 상황을 그림으로 표시한 것으로서 보링지점의 위치, 지반의 토질 공학적 및 지질학적 구분, 암반 상황, 지반의 주된 상태 등이 표시되어 있다. 지반도를 이용할 수 없는 경우에는 조사부지 부근의 보링주상도를 수집하여 이에 따라 각 지형에서의 지질 특성을 기술하고 도표화하여 그 지형의 침투 가능성을 개략적으로 파악해 둘 필요가 있다.

③ 현장침투시험 자료

관련기관들은 상당수 현장침투시험 자료를 보유하고 있는 경우가 많으므로 이 자료를 수집하여 조사대상 지역에 대한 침투특성을 파악한다. 현장침투시험 자료에는 다음의 사항들이 포함되어야 한다.

- 시험일시
- 시험장소
- 시험시설의 형상과 치수
- 지질개요와 지하수위 및 가능하다면 토양물성 시험결과
- 주입수의 수질과 수온·기온
- 시험방법과 침투량

④ 지하수질과 지하수 이용량

우수 지하침투에 따른 주변 환경에의 영향을 검토하기 위해서 대상지역의 지하수 이용실태를 파악해 두는 것이 바람직하며, 지하수 이용 시설의 분포, 시설규모, 취수능력, 양수실적 등의 자료를 수집 한다.

(2) 지형구분

현장의 지형 및 토지이용 상황은 침투에 영향을 미치는 표층지반

의 상태 및 지하수위에 직접적으로 영향을 주는 경우가 많다. 주로 지질도와 각종 조건도 등의 기존 자료 및 현지 조사를 이용하여 지형을 파악하게 되며, 지형의 변화상황을 병행하여 조사하는 것도 중요하다. 현지조사를 위한 지형의 구분은 검토 대상지역의 면적이나 지형의 특징에 따라 실시한다.

(3) 지하수위의 분포

침투 시설을 설치하기 위해서는 지하수위의 분포형태 및 이와 병행하여 지하수위의 특성을 파악하는 것이 필요하다. 지하수위(저수위를 포함)가 지표면에 가까울 경우, 침투량이 감소할 것이며, 특히 저지대에서는 강우에 따라 지하수위가 지표 부근까지 높아지는 경우가 있으므로 지하수위의 변동에 대해서도 충분히 파악을 하여야 한다. 지표와 가까운 층의 지하수위에 대해서는 지형이나 문현, 기존 자료를 이용해서 대략적으로 파악해 두어야 하며, 현장 조사시 주변의 우물이나 비탈 등에 있는 노두(蘆頭) 관찰을 통해 수위의 변동 상황, 계절 변화 등을 조사하는 것이 바람직하다.

(4) 법령지정구역

급경사지나 붕괴위험지역 등 개발 위험지역으로 법적 제한이 있는 경우는 침투시설 설치가 불가능하므로 이와 같은 법령으로 지정되어 있는 지역인지를 사전에 조사할 필요가 있다. 따라서, 시설물을 설치하는데 필요한 토지이용상의 문제점들을 검토한 후에 침투시설 설치를 계획하여야 한다.

(5) 침투시설 설치 가능성의 검토

자료조사 결과를 기초로 하여 지역마다 표충지반의 상태 및 지하수위 등과의 연관성을 검토하고, 침투시설이 설치되기에 적합한 곳을 결정한다. 아울러 침투시설 설치 금지구역과 침투시설이 설치될 경우에 붕괴가능성이 있는 경사지, 현장조사가 불필요한 지역 등도 가능한 구분한다. 이를 바탕으로 유출해석을 통한 유역의 소통능력을 검토하여 부족한 지역에 집중적으로 침투시설을 설치하도록 한다.

① 지형·토질로부터의 판단

적합지역과 부적합지역의 예를 들면 다음과 같다. 적합지역으로는

대지(臺地) 및 단구(段丘), 선상지(扇狀地), 자연제방(구성퇴적물에 따름), 구릉지(구성지질에 따라 급경사면은 적절치 않음), 그리고 사구지(砂丘地) 등이 있으며, 부적합지역으로는 충적지, 조성지(성토지의 경우는 성토재료에 따라 다름), 법령지정지, 우수의 침투로 인해 경사지 등 지반의 안전성을 잃을 우려가 있는 지역, 그리고 우수 침투로 주변 장소에서의 거주 및 자연 환경을 해칠 우려가 있는 지역 등이다.

② 토질로서의 판단

아래와 같이 투수성을 크게 기대할 수 없는 토질에 대해서는 설치 가능지역에서 제외한다.

- 투수계수가 10^{-7} cm/s 보다 작은 경우
- 공극률이 10%이하로 흙이 단단한 경우
- 입도 분포에 있어 점토가 차지하는 비율이 40%이상의 경우

③ 지하수위로부터의 판단

지하수위가 높은 지역에서는 침투능력의 저하가 있을 수 있으며, 특히 저지대에서는 강우에 따라 지하수위가 상승하여 침투능력의 저하가 발생할 수 있다. 침투 능력은 지하수위와 침투시설 저면부와의 거리에 따라 결정되며 그 거리가 시설물 저면부로부터 0.5m이상이면 침투 능력을 확보할 수 있는 것으로 한다.

④ 주변 환경영향으로부터의 판단

공장부지나 매립지 등에서 토양이 오염되어, 침투 시설에 따라 오염 물질이 확산되거나 지하수의 오염이 예상되는 지역은 설치 대상 지역에서 제외한다.

⑤ 토지이용으로부터의 판단

해당 시군구, 읍면의 토지이용 계획에 있어서 개발이 금지되어 있는 지역, 또는 개발이 예상되지 않는 지역은 설치 대상에서 제외한다.

4.1.3 토질 · 지하수위 조사

- |준자료에서 부족한 부분이나 빠진 부분을 보충하고, 시설물을 설치할 지반에 대해 지하수위의 분포 및 토양 물성치를 파악할 목적으로 필요에 따라 보링,

【해설】

(1) 보링

① 기계보링

기존의 보링자료나 지반도 등의 자료가 없을 경우에는 필요에 따라 기계를 이용하여 보링을 실시한다. 보링은 각 서로 다른 지형마다 1개 지점 이상 실시하고 원칙적으로 10m 이상 깊이까지의 토질을 조사하도록 한다.

② 오거보링

현장침투시험 지점마다 토질 및 지하수위의 관측을 위하여 그림 3.2와 같은 방법으로 오거보링을 실시한다. 오거보링은 원칙적으로 침투 대상층 아래의 불투수층 또는 지하수위를 확인하는 깊이까지 굴착하고, 현장침투시험 전·중·후에서 지하수위(저수위)를 측정한다. 단, 오거보링에 따른 굴착 심도에 한계가 있는 점에서는 3m 이상 최대 10m를 목표로 하며, 오거 구멍의 위치는 롬층에서는 4m~10m, 사질층에서는 10m 간격으로 배치한다. 오거보링 구멍을 통하여 지하수위를 관측하기 위해서 구멍이 막히지 않도록 원통형 파이프를 50cm 깊이로 삽입해 둔다.

③ 보링 결과의 정리

보링 지점수가 어느 정도 정리되어 있는 경우에는 조사 대상 지역에 관한 표층지반 평면도 및 단면도를 작성하고 현장침투시험 결과나 지하수위 분포의 해석에 이용한다.

(2) 토양물성의 파악

① 샘플링

토질·지질의 확인 및 실내토질시험을 실시하기 위해서는 침투층의 토양을 채취하여야 한다. 현장침투시험을 실시할 경우 시료 채취 위치는 다음 그림 4.2와 같다. Bore-hole법을 이용하는 경우 오거 굴착시에 채취되는 교란토를 시료로 사용한다.

그림 4.2 오거보링 및 샘플링 위치

② 실내토질시험

침투면의 지층으로부터 채취한 교란 시료에 대하여 다음과 같은 실내토질시험을 실시하고, 토양물성의 평가에 이용한다.

- 흙의 입도시험
- 흙입자 비중시험
- 흙의 함수량시험

③ 실내토질시험 결과에 근거한 토양 물성 파악

흙의 입도시험에 따라 구해지는 입도분포로부터 간이 포화투수계수를 구하는 여러 가지 제안된 방법을 이용하여, 실내토질시험 결과를 근거로 포화투수계수를 추정하며, 20% 입경(D20)과 포화투수계수의 관계(표 4.1) 및 토질과 포화투수계수의 관계(표 4.2, 표 4.3)를 이용하여 투수계수를 산정한다.

(3) 지하수위(저수위) 파악

지하수위가 높은 경우는 침투 능력에 큰 영향을 주게 되므로 필요에 따라 지하수위를 조사하여야 한다. 투수성이 적은 지반인 경우 침투시설을 통한 강제적인 우수주입에 따라 지반내 저수대가 생기게 되고 이 저수대가 일시적인 지하수면이 될 가능성이 있기 때문에 이러한 저수대가 생기는지의 여부를 확인할 필요가 있다. 저수대의 위치를 파악하기 위해서는 강우후 비탈면 등의 노두를 관찰함으로써 물이 밖으로 배어나가는 충을 대략적으로 파악할 수 있으며 현장침투시험시 굴착한 오거 구멍을 이용하여 저수대의 유무를 조사할 수도 있다.

4.1.4 현장침투시험

·침투시설 설치 예정지역에서는 지반의 침투 능력 평가를 목적으로 현장침투시험을 실시한다. 시험방법으로는 Bore Hole법을 기준으로 하고 지반 상황에 따라 저면침투법이나 실물시험에 정수위법을 적용하여 실시한다.

【해설】

(1) 현장침투시험 절차

현장침투시험은 조사 지점의 선정, 현장침투시험, 시험결과 정리의 순서로 실시하며 이를 도시하면 그림 4.3 과 같다. 또한, 현장침투시험은 지하수위가 높은 시기에 하는 것이 바람직하다.

표 4.1 20% (D20) (Craig)

D_{20} (mm)	k (cm/s)	토질분류	D_{20} (mm)	k (cm/s)	토질분류
0.005	3.00×10^{-6}	조립점토 조립실트	0.18	6.85×10^{-3}	미립사
0.01	1.05×10^{-5}		0.20	8.90×10^{-3}	
0.02	4.00×10^{-5}		0.25	1.40×10^{-2}	
0.03	8.50×10^{-5}		0.3	2.20×10^{-2}	중립사
0.04	1.75×10^{-4}		0.35	3.20×10^{-2}	
0.05	2.80×10^{-4}		0.4	4.50×10^{-2}	
0.06	4.60×10^{-4}		0.45	5.80×10^{-2}	
0.07	6.50×10^{-4}		0.5	7.50×10^{-2}	
0.08	9.00×10^{-4}	극미립사	0.6	1.10×10^{-1}	조립사
0.09	1.40×10^{-3}		0.7	1.60×10^{-1}	
0.10	1.75×10^{-3}		0.8	2.15×10^{-1}	
0.12	2.60×10^{-3}		0.9	2.80×10^{-1}	
0.14	3.80×10^{-3}	미립사	1.0	3.60×10^{-1}	작은 자갈
0.16	5.10×10^{-3}		2.0	1.80	

표 4.2 입경에 따른 포화투수계수의 개략수치

	점토	실트	미세사	세사	중사	조사	작은자갈
입경 (mm)	0~0.01	0.01~0. 05	0.05~0. 10	0.10~0. 25	0.25~0. 50	0.50~1. .0	1.0~5.0
k_0 (cm/s)	3×10^{-8}	4.5×10^{-6}	3.5×10^{-5}	1.5×10^{-4}	8.5×10^{-4}	3.5×10^{-3}	3.0×10^{-2}

표 4.3 포화투수계수의 대략수치와 결정법

k_0 (m/s)	1.0	10^{-2}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-8}	10^{-10}
토사의 종류	순 자갈		순 모래 순 자갈 섞인 모래		세사, 실트, 모래와 실트의 혼합사	저투수성 흙, 점토

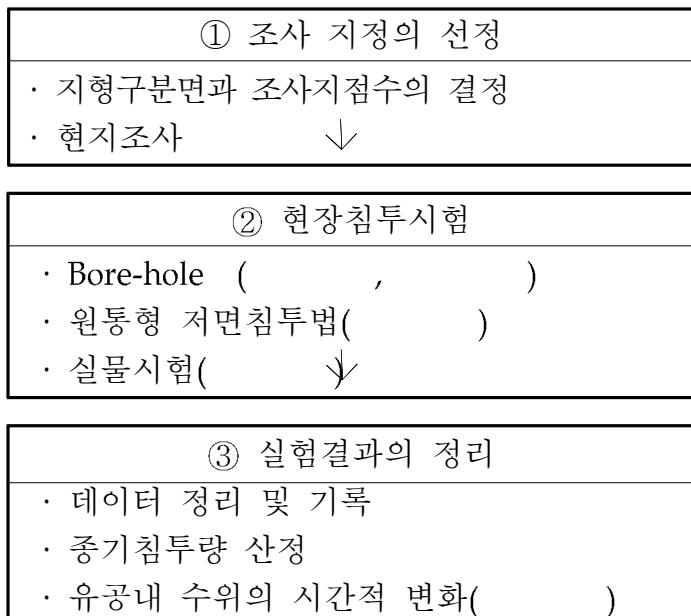


그림 4.3 현장침투시험 절차

(2) 조사 지점의 선정

자료조사에 근거하여 각기 다른 지형마다 아래의 순서에 따라서 침투시험 장소를 선정한다.

① 조사지점 수의 결정

조사지점 수는 시험 목적 등에 따라 표 4.4에서 제시한 기준으

로 결정한다. 대상 지역이 극히 소규모의 경우(1.0ha 미만)는 아래 표의 조사지점 개수의 선정기준에 관계없이 유연하게 조사지점 수를 줄일 수 있다.

② 지도상 선정

- 조사지점은 설치 가능하다고 추정되는 유역 및 각기 다른 지형마다 균등하게 분산, 배치한다.
- 시험시 한 지점 당 약 $20m^2$ 의 토지를 일시적으로 차용할 필요가 있으므로, 가능한 한 공유지(학교, 공원 등) 또는 기존의 이용자가 없는 지역을 선정한다.

표 4.4 시험 목적과 조사지점 수

목 적	대상지역	조사지점수의 목표
하천 유역에 있어서의 지형 구분 면마다 평균침투량 파악	하천유역	지형구분면마다 3군데
단지 등 특정 개발지역 내의 우수 침투사업계획 책정	신규개발지 기존개발지	대표적 지반마다 (절성토별, 토질별) 3군데

③ 현장조사

지도상으로 선정한 후 지점을 확정하거나 지형이나 토질, 지하수위의 분포 등을 확인하기 위하여 현장조사를 실시한다. 현장조사에서의 유의점은 다음과 같다.

- 시험에 필요한 면적(약 $20m^2$ 이상)이 확보 가능한지를 조사한다.
- 용지의 차용이 가능한지를 조사한다.
- 주변에 시험에 사용할 수 있는 수원(水原)이 있는지를 조사한다.
- 침투에 장애가 될 수 있는 지하 매설물이 부근에 있는지를 조사한다.
- 그 외, 조사지점이 지형을 대표할 수 있는 지점인지를 지형, 지질, 토지이용 등에 대해 가능한 범위내에서 조사한다.

(3) 현장침투시험

① 시험시설의 형상

시험시설은 설치가 간편하며 주입수량을 쉽게 조절할 수 있고 침투능력의 정도나 신뢰성이 높아야 한다. 현재 가장 널리 이용되고 있는 간이형 시험법에는 그림 4.4에 나타낸 bore-hole 법과 그림 4.5에 나타낸 저면침투법이 있으며, 실물시험 방법은 다음 그림 4.6과 같다. 각 방법별의 장·단점을 나타내면 다음 표 4.5와 같다.

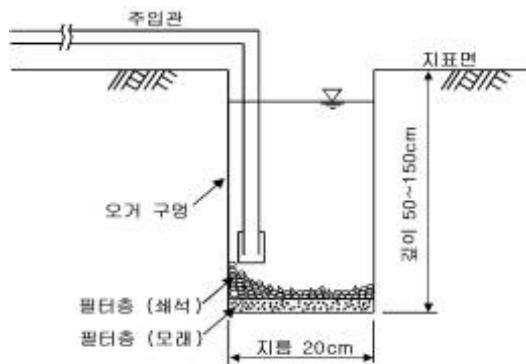


그림 4.4 Bore-hole |을
이용하는 시험시설



그림 4.5 저면침투법을
이용하는 시험시설

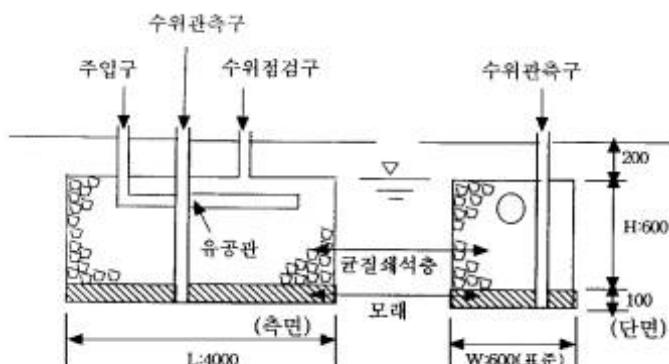


그림 4.6 실물시험시설의 예

표 4.5 간이형 시설과 실물 시설을 이용한 현지침투 방법의 비교

시험법	간이형 시설		실물실험
	Bore-hole법 (원통형 전면침투법)	원통형 저면침투법	
시험 시설의 개요	①직경 20cm 강도의 오거구멍을 이용한다. ②침투면은 수면 아래의 전면(측면과 저면)	①적당한 크기의 퍼트 굴삭후, 직경 30cm의 원통을 세워 되묻는다. ②침투면은 원통의 저면 뿐이다.	①원통형 또는 각형의 통, 거형 트렌치 등이 고려된다. ②침투면은 쇄석과 원지반과의 접속부(사이에 부직포가 들어가는 경우 있음) 수위 아래의 전면(측면과 저면)
시설 설치상 장·단점	①실물시설과 비교해 굴착토량은 현저히 적다. ②저면침투법과 비교해 굴착토량이 적다. ③저면침투법과 비교해 설치가 다소 용이. ④침투면의 점검, 손질이 곤란. ⑤자갈, 옥석 혼합 퇴적층에서의 시설설치는 사실상 불가능.	①실물시설과 비교해 굴착할 토량은 현저히 적다. ②Bore-hole법과 비교해 굴착하는 토량이 많다. ③굴착, 되묻기가 있으며, 설치에 다소 시간을 필요로 한다. ④침투면의 세밀한 점검이 가능. ⑤토질에 따른 설치상의 제약은 없다.	①간이형 시설과 비교해 토공량이 매우 많다. ②인력만으로의 설치는 곤란하며 토목기계가 필요하다. ③쇄석, 부직포 등 재료를 많이 필요로 한다. ④침투면이 넓으므로 세밀한 점검에 시간이 요구된다. ⑤토질에 따른 설치상의 제약은 없다.
시험법상 장·단점	①실물시설에 비해 주입수량은 조금이면 된다. ②측면으로부터의 침투도 있고, 지반의 연직방향, 수평방향의 평균적인 침투성 평가를 할 수 있다. ③원칙적으로는 투수성의 이방성(수평, 연직 방향에서의 차이)을 해석할 수 있다.	①실물시설에 비해 주입수량은 조금이면 된다. ②저면에서의 침투를 위해 저면 설치 위치에서 연직방향만의 침투성 평가가 된다. ③주입수가 주위 되묻은 부분에 섞이는 경우가 있다(침투능력을 과대 평가하는 것이 된다).	①간이형 시설과 비교해 주입수량이 현저히 많아진다. ②시설규모가 크므로 보다 큰 영역에서의 지반 침투 능력의 평가가 가능하다. ③실물시설이므로 시험 결과를 그대로 설계에 이용할 수 있다.

② 시험 방법

지반의 침투 능력이나 실제시설의 침투량을 산정하기 위해서는 표 4.6에서와 같이 정수위법을 이용하여 종기침투량을 확인하여야 한다. 측정 침투깊이는 설치예정 침투시설의 침투심 H 를 표준으로 한다.

표 4.6 정수위법 시험

시험 방법	장 점	단 점
일정한 수위가 될 때까지 원통내에 물을 주입하고, 그 수위가 변화하지 않도록 주입량을 조절하고 경과 시간마다 주입량을 측정하며 주입량이 안정될 때까지 계속한다. 주입 시간은 간이형 시험으로 2시간 정도이다.	<ul style="list-style-type: none"> 실제 시설의 침투량을 적절히 구할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 변수위법에 비해 다량의 물이 필요하다. 주입량을 측정하는 기구 및 상시 관찰이 필요하다.

(3) 시험시설의 설치와 시험 순서

① Bore-hole 법

- Bore-hole의 굴착 : 핸드 오거를 이용하여 설정한 bore-hole 깊이까지 굴착한다.
- 토질의 확인 및 시료채취 : 굴착시에는 토질의 판정을 함과 동시에 필요에 따라 침투 부분을 대표하는 토질 시료를 채취하여 실내시험을 실시한다.
- 침투면의 손질 : 오거를 이용해서 굴착할 때는 굴착공 벽면에 진흙막이 생기거나 굴착공 바닥에 흙이 쌓여서 실제 침투능을 확인할 수 없게 되는 경우가 있다. 따라서, 구멍 내의 상태를 잘 관찰하여야 하며, 필요한 경우에는 와이어 브러시 등으로 이물질을 제거하는 동시에 굴착한 흙은 모두 굴착공 밖으로 꺼낼 수 있도록 한다.
- 충진재 등의 삽입 : Bore-hole법을 이용해서 굴착한 후에는 침투면이 손상되지 않도록 주의하면서 자갈 또는 쇄석을 충진한다.

이 때, 물의 주입과 수위 측정전극 등의 장치 삽입을 위한 다공 케이싱도 설치한다. 이 작업은 주입수에 의한 침투면의 세균 및 진흙의 교란을 방지하기 위한 것이며, 흙의 배출 방지용 부직포를 포설하여 사용할 수도 있다.

- 정수위법 시험 : 다음의 순서로 본 시험을 실시한다.
 - (i) 실제 설치시설의 설계 침투심에 해당하는 수위까지 물을 주입해서 실제와 같은 초기조건을 만든다.
 - (ii) 수원으로부터의 물 주입량을 수위 센서나 전자 밸브 등으로 조정하고 위의 침투심을 유지한다(그림 4.7).
 - (iii) 경과 시간마다 유량계 등으로 주수량을 측정한다. 측정시간 간격은 10분 간격을 목표로 하지만 변화가 두드러진 경우에는 시간 간격을 좁힌다.
 - (iv) 주수량이 거의 일정하게 될 때까지 (ii)-(iii)를 반복한다. 반복시간은 2시간 정도를 기준으로 한다.

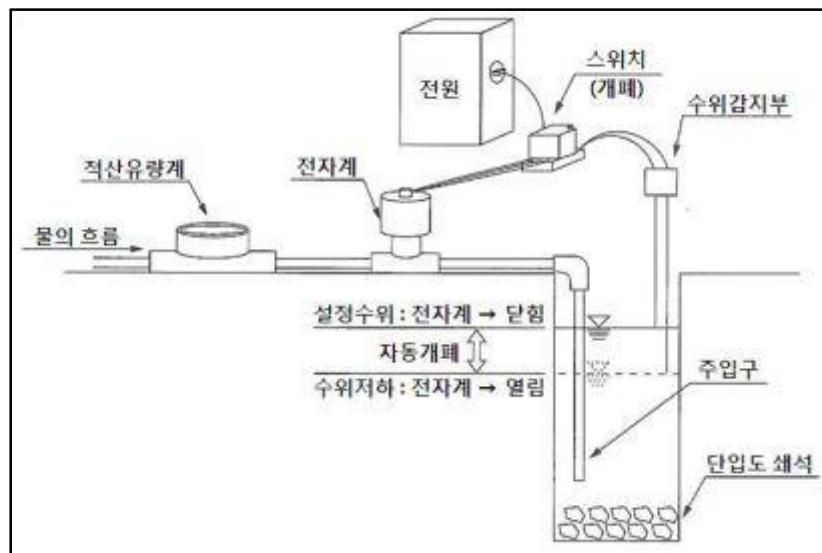


그림 4.7 정수위법에 의한 침투실험 상황

② 원통형 저면침투법

- 굴착 : 계획 단면에 따라 굴착을 한다. 지반을 굴착하는 데는 백호, 크레인 등의 기계를 사용해도 무방하지만 침투면은 스콥을

이용해서 인력으로 굴착한다.

- 토질 확인 및 시료채취 : 굴착시에는 토질 판정을 함과 동시에, 필요에 따라 침투면 부근에서 토질 시료를 채취하여 실내시험을 실시한다.
- 침투면의 손질 : 침투면은 와이어 브러시로 깨끗하게 정리해서 침투능을 확인할 수 있도록 세심하게 손질한다.
- 원통 파이프 세트
 - (i) 원통 파이프는 지중에 약간 밀어 넣듯이 장치한다.
 - (ii) 파이프 선단으로부터 물이 주위에 스며드는 것을 방지하기 위해 파이프 외측의 피트 아래 부분에 점토 등을 투입하고 단단히 밟아서 마개를 한다.
 - (iii) 그 위에 굴착토를 파이프 외측에 되묻어서 단단히 밟는다.
 - (iv) 파이프 내부에 자갈 및 쇄석을 조심스럽게 넣는다. 이 때, 침투면이 손상되지 않도록 주의한다.
- 정수위 시험
Bore-hole법의 순서에 따라 시행한다.
- 원상복구
마지막으로 원통 파이프를 당겨서 뽑아 굴착토를 되묻고 단단히 밟아 원형 복귀시켜 시험을 종료한다.

(4) 시험 결과의 정리

- ① 데이터 정리 및 기록 : 현장침투시험에서의 측정치에는 시설형상, 설계침투심 및 주입수의 단위시간당 침투량 및 침투총량 등 의 기록 외에 막힘이나 침투능과의 관계 파악에 필요한 주입수의 수질(탁함), 수온(기온) 등을 기록한다.
- ② 종기침투량 : 침투 시험 결과는 그림 4.8에 나타난 것과 같이 단위시간 당 침투량과 주입시간의 관계도를 이용하여 정리한다. 물을 계속하여 주입하면 단위시간 당 침투량은 거의 일정치를 나타내므로 이 양을 종기침투량으로 정의한다. 더욱이, 2시간 물을 주입해도 침투량이 거의 일정하게 되지 않을 경우는 물의 주입을 중단하고 그 때의 침투량을 종기침투량으로 하는 것이 좋다.

그림 4.8 침투량의 시간변화

4.2 침투시설의 규모계획

- 침투시설을 대상지역에 계획할 경우 다음 항목을 충분히 검토하여 안전하고 효율적인 설치가 될 수 있도록 계획을 수립하여야 한다.
- 침투시설의 규모계획시 투수성 보도블록, 침투집수정, 침투트렌치에 대한 유출저감량은 CN을 적용하여 산정할 수 있다.

【해설】

- 침투시설 규모의 설정 : 침투시설의 단위설계 침투량, 배치계획 등을 검토하고, 침투시설의 설치 수량을 설정한다.
- 목표치의 설정 : 해당지구에 설정되어 있는 우수유출저감시설 기본계획 또는 이를 포함하는 풍수해 저감계획 및 유역종합 치수계획에 근거하여 대상지역의 홍수유출저감의 목표치를 설정한다. 목표치가 정해져 있지 않는 경우는 해당지구의 특성을 감안해서 적절한 목표치를 설정한다.
- 설계침투량 및 설계 침투강도의 산정 : 단위 설계침투량, 시설의 설치 수량, 집수면적으로부터 설계침투량 및 설계 침투강도를 산정 한다.

$$\text{설계침투량}(\text{m}^3/\text{hr}) = \text{단위설계침투량} \times \text{시설설치수량}$$

$$\text{설계침투강도}(\text{mm/hr}) = \frac{\text{설계침투량}(\text{m}^3/\text{hr})}{\text{집수면적}(\text{ha}) \times 10}$$

- 투수성 보도블록, 침투집수정, 침투트렌치에 대한 유출저감량은 '개발계획 수립시 침투시설 적용방안(국립방재연구소, 2009)'에서 제시한 CN을 사용하여 산정할 수 있다.

·침투시설의 경우 최소 설계 침투강도 10mm/hr를 만족하도록 설치되어야 한다.

- 효과량 검토 : 설정한 목표치를 만족하는 침투시설의 규모를 가지고 필요한 시설규모를 결정한다. 대규모의 지역에서 침투시설만으로 목표치가 만족되지 않을 경우는, 저류시설과의 겸용 계획을 검토할 필요가 있지만, 이 경우는 홍수추적계산을 실시한다. 한편, 소규모의 지역에서 목표치가 만족되지 않을 경우는, 대상지역에 설치 가능한 침투시설의 최대 수량을 가지고 필요한 시설규모로 한다.

그림 4.9 침투시설 규모 결정 절차

4.2.1 설계침투량의 산정

·설계침투량은 각 시설의 단위설계침투량에 그 설치수량을 곱한 것들을 합산하여 산정하고, 설계침투강도는 설계침투량을 집수면적으로 나누어서 산정한다.

【해설】

설계침투량은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{설계침투량}(m^3/hr) &= \text{침투공의 단위 설계침투량}(m^3/hr/\text{개}) \\ &\quad \times \text{침투공의 개수(개)} \\ &+ \text{침투트렌치의 단위 설계침투량}(m^3/hr/m) \\ &\quad \times \text{침투트렌치의 길이}(m) \\ &+ \text{침투측구의 단위 설계침투량}(m^3/hr/m) \\ &\quad \times \text{침투측구의 길이}(m) \\ &+ \text{투수성포장의 단위 설계침투량}(m^3/hr/m^2) \\ &\quad \times \text{투수성포장의 면적}(m^2) \end{aligned}$$

(1) 설계침투강도

·설계침투강도는 계획강우에 대해 어느 정도까지 침투가 가능한지를 나타내고, 침투시설의 효과를 대략적으로 파악하는데 유효한 지표이다. 설계침투강도는 설계침투량을 집수면적으로 나누어서 계산하며 침투시설 규모 계획의 기준이 된다.

【해설】

$$\text{설계침투강도}(mm/hr) = \text{설계침투량}(m^3/hr) / (\text{집수면적}(ha) \times 10)$$

(2) 단위 설계침투량

·단위 설계침투량은 주변 영향 및 유지관리에 따른 단위 침투시설의 침투 능력을 표현하는 단위이다.

【해설】

침투시설의 단위 설계침투량은 시설의 형상과 설계수두를 변수로 하는 간편식을 이용해 기준침투량을 구하고 여기서 구한 값에 영향 계수를 곱해서 산정한다. 즉,

$$Q = C \times Q_f$$

여기서,

Q : 침투시설의 단위 설계침투량

Q_f : 침투시설의 기준침투량

C : 영향계수

일반적으로 $0.9(\text{지하수위의 영향}) \times 0.9(\text{공극 막힘에 의한 영향}) =$

$$0.81$$

토양특성, 시설물형상, 설계수두 이외에 지하수위, 막힘 등의 인자들을 고려하기 위하여 아래와 같은 영향인자에 대해 영향계수(C)를 사용한다.

① 지하수위

현장시험 시설물이 실제로 설치될 시설물과 유사한 경우, 현장시험에서 산정된 값들은 이미 지하수위의 영향을 받은 것이기 때문에 보정할 필요가 적다고 할 수 있다. 하지만, 시험시설이 실제 설치될 시설물과 다른 간이시험(bore-hole법이나 저면침투법)인 경우에는 보정계수 0.9를 곱하는 것을 기준으로 한다.

② 막힘

일본에서 실시한 침투시설의 침투능력 경년조사 결과에 의하면 시설물에 대한 적절한 유지관리 조치가 이루어진다면 설치 후 11년이 지나도 침투능력의 저하는 거의 일어나지 않는 것으로 나타났다. 다량의 토사유입이 예상되는 공원을 집수지역으로 하는 곳에 침투트렌치를 설치한 경우는 침투트렌치 사이의 적절한 위치에 토사전처리조를 설치함으로써 침투능력의 저하를 막을 수 있으며, 지

봉으로부터 유입되는 우수나 기름성분을 가지고 있는 우수가 유입되는 지역은 역시 토사전처리조나 필터를 설치해서 침투능력의 저하를 막을 수 있다. 그러나, 본 기준에서는 장기간에 걸친 침투능력의 저하와 안전을 고려하여 영향계수를 0.9로 하는 것을 원칙으로 한다.

(3) 기준침투량

- 여러 가지 토양의 물성에 크게 영향을 받지 않는 단위 침투시설의 침투량을 의미한다.

【해설】

기준침투량(Q_f)을 정확히 평가하기 위해서는 토양의 포화·불포화 특성을 고려한 이론적인 해석이 필요하지만 각각의 침투시설마다 이론적인 해석을 하는 것은 실제적으로 어려운 일이므로 여러 가지 토양의 물성에 크게 영향을 받지 않는 비침투량(침투시설로부터의 침투량을 포화투수계수로 나눈 값)을 이용해서 기준침투량을 산정 한다. 각 시설별 기준침투량은 다음 식으로 구한다.

$$\begin{aligned} Q_f &= \frac{Q_t}{K_t} \times K_f \\ &= k_0 \times K_f \end{aligned}$$

여기서,

Q_f : 설치시설의 기준침투량(침투시설 1m, 1개 또는 1m²당 m³/hr)

Q_t : 시험시설의 종기침투량(m³/hr)

K_f : 설치시설의 비침투량(m²)

K_t : 시험시설의 비침투량(m²)

k_0 : 토양의 포화투수계수(m/hr)

기준침투량을 구하기 위한 절차를 나타내면 다음과 같다.

① 현장 시험시공 시험으로부터 구하는 방법

- 침투시험 시설의 형상과 설계수두를 변수로 하는 간편식(표 4.7)

이나 그림 4.10에서 현장침투시험 시설의 비침투량(K_t)을 구한다.

- 현장침투시험에서 얻은 종기침투량(Q_t)을 ①에서 구한 비침투량(K_t)으로 나누어 토양의 포화투수계수($k_0 = Q_t / K_t$)를 구한다.

② 현장 시험없이 구하는 방법

- 설치시설의 비침투량(K_f)을 침투시설의 형상과 설계수두를 변수로 하는 간편식(표 4.7)이나 그림 4.10에서 구한다.
- 설치시설의 기준침투량(Q_f)은 현지 침투시험에서 구한 포화투수계수(k_0)에 설치시설의 비침투량(K_f)을 곱해서 산정한다.

여기서, 비침투량은 시설의 형상, 즉, 직경 $D(m)$ 과 설계 침투심 $H(m)$ 의 관계를 이용하여 결정되는 상수이며, Bore Hole법의 경우에는 그림 4.10(a), 저면침투법의 경우에는 그림 4.10(b)을 이용하여 산정한다. 한편, 실물시설을 이용해 침투시험을 실시한 경우에는 그림 4.10(c~g) 및 표 4.7을 이용하여 비침투량 K_t 를 산정한다.

(4) 침투시설별 비침투량

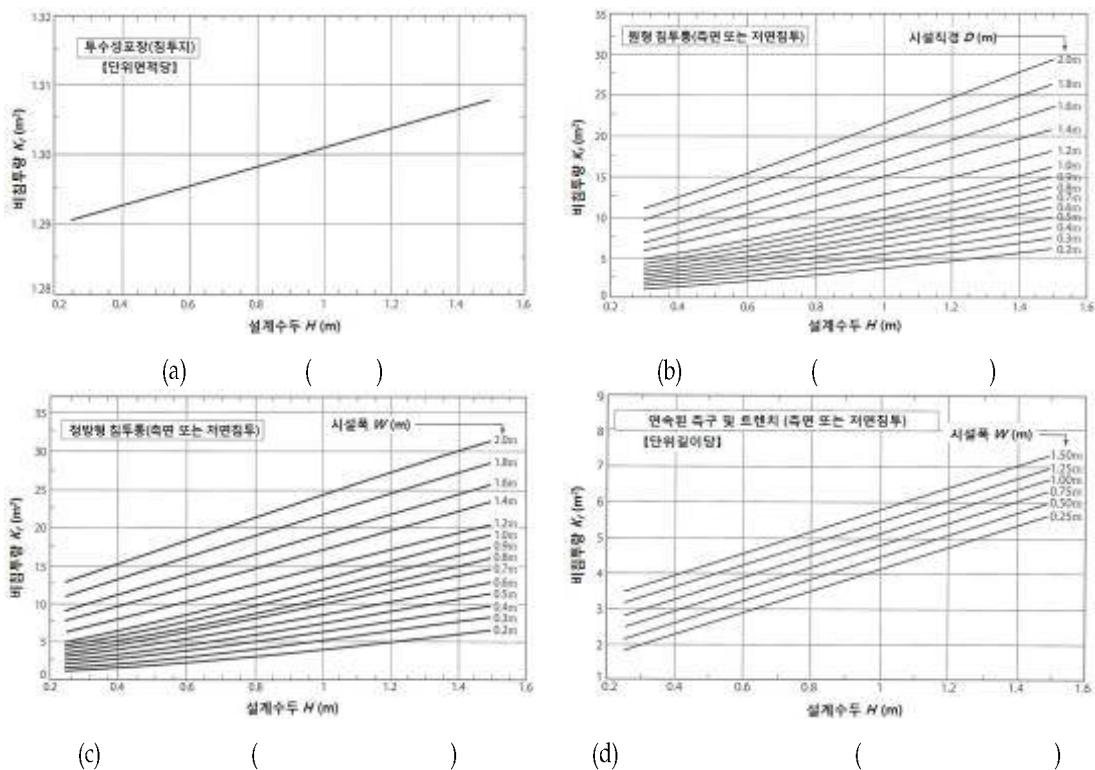


그림 4.10 침투시설별 비침투량

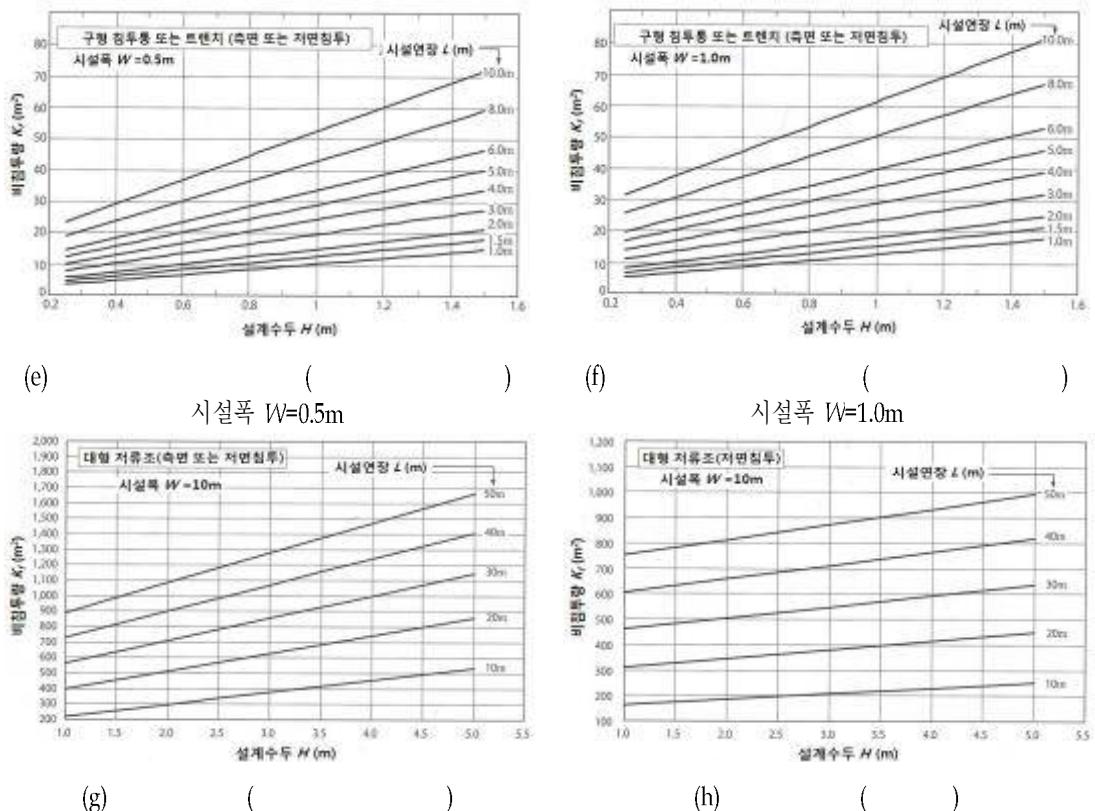


그림 4.10 침투시설별 비침투량()

표 4.7 각종 침투시설의 비침투량[Kt Kf (m²)] 산정식

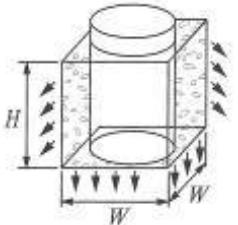
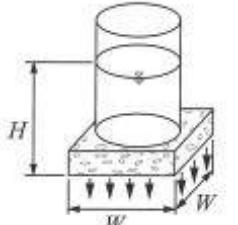
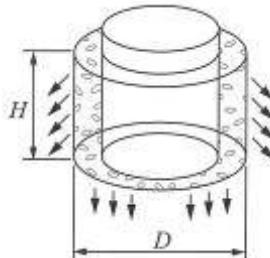
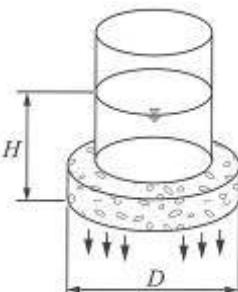
시 설		정방형 침투통		
침투면	측면 및 저면			
모식도				
산정 식의 적용 범위	설계 수두	$H \leq 1.5\text{m}$		
	시설 규모	$W \leq 1\text{m}$	$1\text{m} < W \leq 10\text{m}$	$10\text{m} < W \leq 80\text{m}$
기본식		$K_f = aH^2 + bH + c$ $H : \text{ (m)}$ $W : \text{ (m)}$	$K_f = aH + b$ $H : \text{ (m)}$ $W : \text{ (m)}$	
계수	a	$0.120 W + 0.985$	$-0.453 W^2 + 8.289 W + 0.753$	$0.747 W + 21.355$
	b	$7.837 W + 0.82$	$1.458 W^2 + 1.27 W + 0.362$	$1.263 W^2 + 4.295 W - 7.649$
	c	$2.858 W - 0.283$	-	-
비 고	좌석공극저류 침투시설에 적용가능			
침투면	저면			
모식도				
산정 식의 적용 범위	설계 수두	$H \leq 1.5\text{m}$		
	시설 규모	$W \leq 1\text{m}$	$1\text{m} < W \leq 10\text{m}$	$10\text{m} < W \leq 80\text{m}$
기본식		$K_f = aH + b$ $H : \text{ (m)}$ $W : \text{ (m)}$		
계수	a	$1.676 W - 0.137$	$-0.204 W^2 + 3.166 W - 1.936$	$1.265 W - 15.670$
	b	$1.496 W^2 + 0.671 W - 0.015$	$1.345 W^2 + 0.736 W + 0.251$	$1.259 W^2 + 2.336 W - 8.13$
	c	-	-	-

표 4.7 각종 침투시설의 비침투량 [K_t K_f (m^2)] ()

시 설		원통 침투통	
침투면		측면 및 저면	
모식도			
산정 식의 적용 범위	설계 수두	$H \leq 1.5m$	
	시설 규모	$0.2m \leq D \leq 1m$	$1m < D \leq 10m$
기본식		$K_t = aH^2 + bH + c$ $H : \text{ (m)}$ $D : \text{ (m)}$	$K_t = aH + b$ $H : \text{ (m)}$ $D : \text{ (m)}$
계 수	a	$0.475D + 0.945$	$6.244D + 2.853$
	b	$6.07D + 1.01$	$0.93D^2 + 1.606D - 0.773$
	c	$2.570D - 0.188$	-
비 고		-	-
침투면		저면	
모식도			
산정 식의 적용 범위	설계 수두	$H \leq 1.5m$	
	시설 규모	$0.3m \leq D \leq 1m$	$1m < D \leq 10m$
기본식		$K_t = aH + b$ $H : \text{ (m)}$ $D : \text{ (m)}$	
계 수	a	$1.497D - 0.100$	$2.556D - 2.052$
	b	$1.13D^2 + 0.638D - 0.011$	$0.924D^2 + 0.993D - 0.087$
	c	-	-

우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

표 4.7 각종 침투시설의 비침투량 [K_t 및 K_f (m^2)] ()

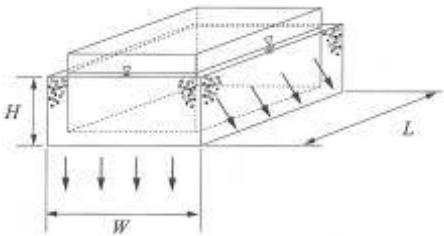
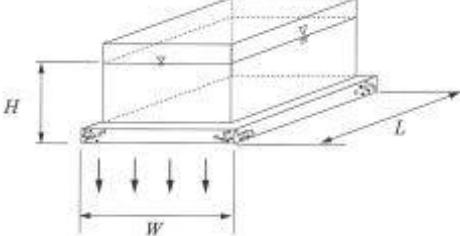
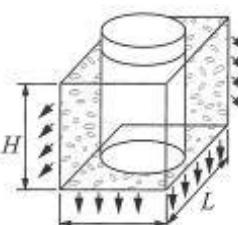
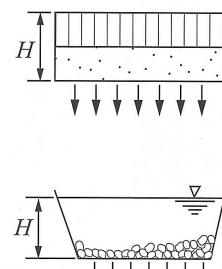
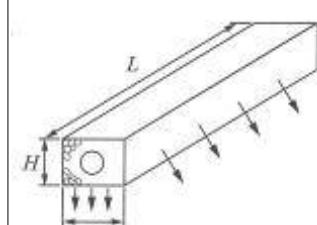
시 설		대형 저류조					
침투면	측면 및 저면						
모식도							
산정식의 적용 범위	설계 수두	$1m \leq H \leq 5m$					
	시설 규모	$W=5m$	$W=10m$	$W=20m$	$W=30m$	$W=40m$	$W=50m$
기본식		$K_f = (aH + b)L$ $H : \text{설계수두}(m)$ $L : \text{시설장변길이}(m)$ $W : \text{시설폭}(m)$					
계수	a	8 . 8 3 $X^{-0.461}$	7 . 8 8 $X^{-0.446}$	7 . 0 6 $X^{-0.452}$	6 . 4 3 $X^{-0.444}$	5 . 7 9 $X^{-0.440}$	5 . 6 2 $X^{-0.442}$
	b	7.03	14.00	27.06	39.75	52.25	64.68
	c	-	-	-	-	-	-
비 고		<ul style="list-style-type: none"> - X는 폭(W)에 대한 장변의 길이(L)의 비율($X = L/W$)이다. - X의 적용범위는 1~5배 사이로 한다. 					
침투면	저면						
모식도							
산정식의 적용 범위	설계 수두	$1m \leq H \leq 5m$					
	시설 규모	$W=5m$	$W=10m$	$W=20m$	$W=30m$	$W=40m$	$W=50m$
기본식		$K_f = (aH + b)L$ $H : \text{설계수두}(m)$ $L : \text{시설장변길이}(m)$ $W : \text{시설폭}(m)$					
계수	a	1 . 9 4 $X^{-0.328}$	2 . 2 9 $X^{-0.397}$	2 . 3 7 $X^{-0.488}$	2 . 1 7 $X^{-0.518}$	1 . 9 6 $X^{-0.554}$	1 . 7 6 $X^{-0.609}$
	b	7.57	13.84	26.36	38.79	51.16	63.50
	c	-	-	-	-	-	-
비 고		<ul style="list-style-type: none"> - X는 폭(W)에 대한 장변의 길이(L)의 비율($X = L/W$)이다. - X의 적용범위는 1~5배 사이로 한다. 					

표 4.7 각종 침투시설의 비침투량 [K_t 및 K_f (m^2)] ()

시 설	구형 침투통	투수성포장(침투지)	침투측구 및 침투트렌치
침투면	측면 및 저면	저면	측면 및 저면
모식도			
산정식의 적용 범위	설계 수두 $H \leq 1.5m$	$H \leq 1.5m$	$H \leq 1.5m$
	시설 규모 $L \leq 200m$ $W \leq 4m$	침투지는 저면적이 약 $400m^2$ 이상	$W \leq 1.5m$
기본식	$K_f = aH + b$ H : 설계수두(m) L : 시설연장(m) W : 시설폭(m)	$K_f = aH + b$ H : 설계수두(m)	$K_f = aH + b$ H : 설계수두(m) L : 시설연장(m) W : 시설폭(m)
계수	a $3.297L + (1.971W + 4.663)$	0.014	3.093
	b $(1.401W + 0.684)L + (1.214W - 0.834)$	1.287	$1.34W + 0.677$
	c	-	-
비 고	쇄석공극저류침투시설에 적용가능	<ul style="list-style-type: none"> - 비침투량 : 단위면적당 값 - 저면적이 넓은 쇄석공 극 저류침투시설에 적 용가능 	비침투량 : 단위길이당 값

(출처: 일본 (사)우수저류침투기술협회, 2006)

4.2.2 투수성 보도블록의 CN

- 침투시설 중 투수성 보도블록은 보도블록 자체의 투수계수, 하부 토양 및 모래의 투수계수에 따라 침투효과가 결정되므로 구성재의 물리적 성질을 파악하는 것이 매우 중요하다.
- 총 2가지의 투수성보도블록에 대한 CN 및 하부토양 투수계수 조건에 따른 CN을 산정하였으며, 2가지 투수성보도블록은 국내의 제품중 투수계수가 최대, 최소인 경우를 고려하여 현장실험을 통해 총 11가지의 투수계수에 대한 CN을 적용할 수 있다.



그림 4.11 투수성 보도블록 \leftrightarrow 그림 4.12 투수성 보도블록B
(투수계수 0.587cm/sec) \leftrightarrow (투수계수 0.026cm/sec)

(1) 투수성보도블록 투수계수에 따른 CN

- 투수성보도블록 투수계수에 따른 CN을 제시하였으며 개발계획 수립시에는 최악의 유출상황을 모의할 수 있도록 AMC-III 조건을 사용하도록 한다.

【해설】

- 일반적으로 도로공사에 ‘마사토’와 같은 실트질 모래 또는 점토질 모래를 사용하므로 세분화된 투수성 보도블록 및 하부토양의 투수계수별 CN을 NRCS의 유효우량 산정에 적용할 수 있다.
- 하부토양의 투수계수가 $0.047 \times 10^{-2}\text{cm/sec}$ 일 때 투수성 보도블록 투수계수를 $0.026\text{cm/sec} \sim 0.587\text{cm/sec}$ 까지 총 11개의 투수계수별로 제시하였다.

표 4.8 투수성보도블록의 투수계수별 CN

투수계수 (cm/sec)	강우강도 (mm/hr)	시 간 (min)	강우량P (mm)	유출량O (mm)	S (mm)	P/S	CN
0.587	200	50	166.67	95.62	84.72	1.97	74.99
	150	70	175.00	96.32	96.15	1.82	72.54
	100	80	133.30	60.50	99.28	1.34	71.90
	50	100	83.30	15.46	141.13	0.59	64.28
	CN 산정						70.93
0.528	200	50	166.67	95.72	84.55	1.97	75.03
	150	70	175.00	96.45	95.91	1.82	72.59
	100	80	133.30	60.81	98.58	1.35	72.04
	50	100	83.30	16.14	137.35	0.61	64.90
	CN 산정						71.14
0.470	200	50	166.67	95.84	84.34	1.98	75.07
	150	70	175.00	96.79	95.30	1.84	72.72
	100	80	133.30	61.19	97.72	1.36	72.22
	50	100	83.30	16.82	133.69	0.62	65.52
	CN 산정						71.38
0.411	200	50	166.67	96.00	84.07	1.98	75.13
	150	70	175.00	97.01	94.91	1.84	72.80
	100	80	133.30	61.58	96.86	1.38	72.39
	50	100	83.30	17.53	130.00	0.64	66.15
	CN 산정						71.62
0.352	200	50	166.67	96.21	83.71	1.99	75.21
	150	70	175.00	97.19	94.58	1.85	72.87
	100	80	133.30	62.01	95.90	1.39	72.59
	50	100	83.30	18.28	126.27	0.66	66.79
	CN 산정						71.87
0.294	200	50	166.67	96.50	83.22	2.00	75.32
	150	70	175.00	97.45	94.12	1.86	72.96
	100	80	133.30	62.52	94.78	1.41	72.83
	50	100	83.30	19.08	122.48	0.68	67.47
	CN 산정						72.14
0.236	200	50	166.67	96.93	82.49	2.02	75.49
	150	70	175.00	97.83	93.44	1.87	73.11
	100	80	133.30	63.16	93.39	1.43	73.12
	50	100	83.30	20.09	117.87	0.71	68.30
	CN 산정						72.50
0.176	200	50	166.67	97.66	81.26	2.05	75.76
	150	70	175.00	98.48	92.29	1.90	73.35
	100	80	133.30	65.62	88.21	1.51	74.22
	50	100	83.30	21.70	110.99	0.75	69.59
	CN 산정						73.23
0.117	200	50	166.67	99.07	78.92	2.11	76.30
	150	70	175.00	99.75	90.08	1.94	73.82
	100	80	133.30	68.49	82.43	1.62	75.50
	50	100	83.30	24.28	100.94	0.83	71.56
	CN 산정						74.29
0.059	200	50	166.67	102.91	72.74	2.29	77.74
	150	70	175.00	103.27	84.10	2.08	75.12
	100	80	133.30	71.86	76.01	1.75	76.97
	50	100	83.30	27.78	88.98	0.94	74.06
	CN 산정						75.97
0.026	200	50	166.67	111.09	60.50	2.75	80.76
	150	70	175.00	111.13	71.63	2.44	78.00
	100	80	133.30	76.64	67.48	1.98	79.01
	50	100	83.30	31.93	76.71	1.09	76.81
	CN 산정						78.64

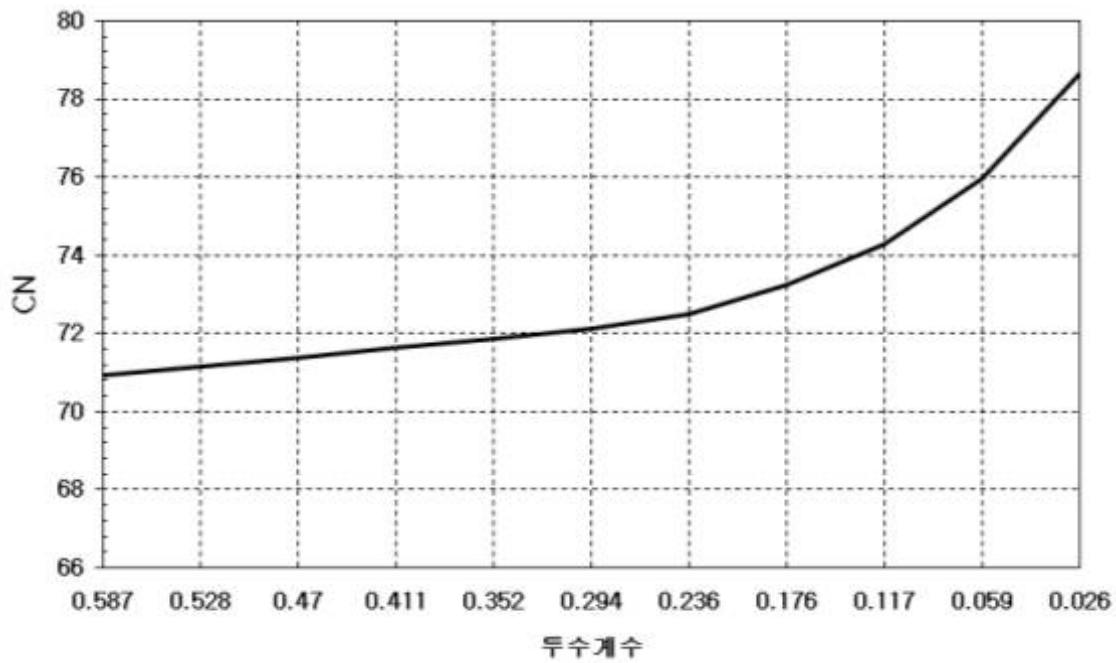


그림 4.14 투수성 보도블록 투수계수별 CN

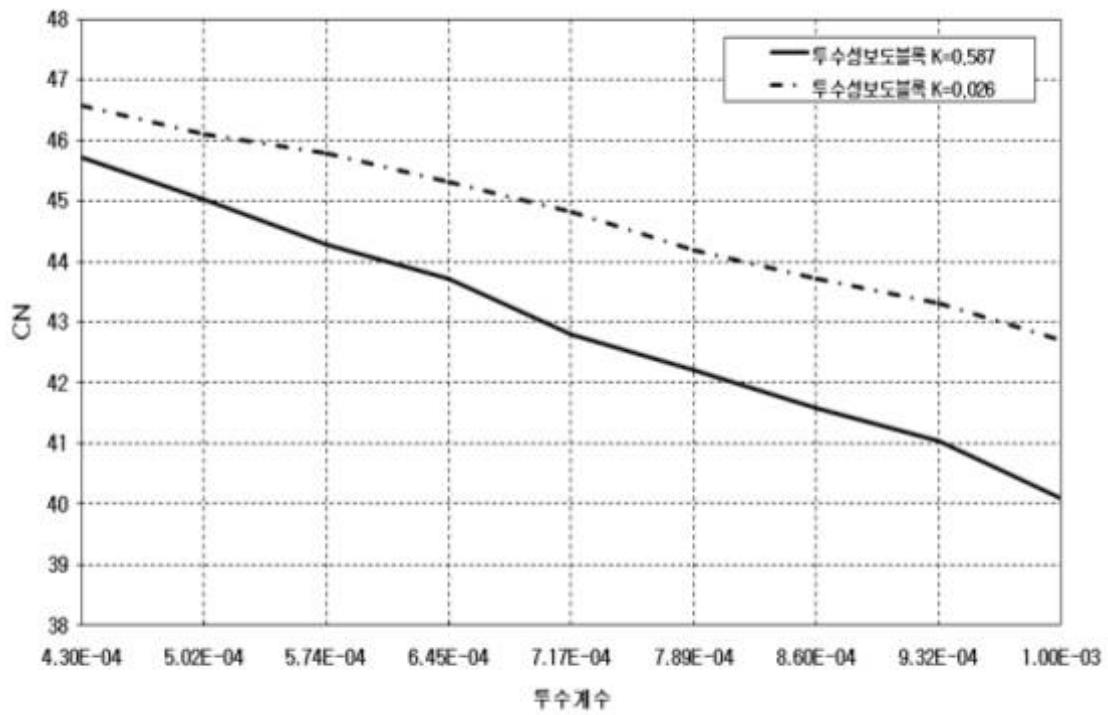


그림 4.15 하부토양 투수계수별 CN

(2) 하부토양 투수계수에 따른 CN

표 4.9 하부토양 투수계수별 CN (투수성보도블록 투수계수=0.587cm/sec)

투수계수 (cm/sec)	강우강도 (mm/hr)	시 간 (min)	강우량P (mm)	유출량Q (mm)	S (mm)	P/S	CN
4.302×10^{-4}	200	90	300.00	120.24	262.16	1.14	49.21
	150	90	225.00	50.48	335.75	0.67	43.07
	100	130	216.67	40.03	368.13	0.59	40.83
	50	180	150.00	27.44	256.42	0.58	49.76
	CN 산정						45.72
5.019×10^{-4}	200	90	300.00	117.40	269.68	1.11	48.50
	150	90	225.00	48.44	345.67	0.65	42.36
	100	130	216.67	38.99	374.16	0.58	40.44
	50	180	150.00	25.68	266.90	0.56	48.76
	CN 산정						45.02
5.736×10^{-4}	200	90	300.00	115.08	275.97	1.09	47.93
	150	90	225.00	47.04	352.71	0.64	41.87
	100	130	216.67	37.95	380.34	0.57	40.04
	50	180	150.00	23.20	282.84	0.53	47.31
	CN 산정						44.29
6.453×10^{-4}	200	90	300.00	112.32	283.63	1.06	47.24
	150	90	225.00	45.60	360.17	0.62	41.36
	100	130	216.67	36.47	389.41	0.56	39.48
	50	180	150.00	22.44	288.03	0.52	46.86
	CN 산정						43.73
7.170×10^{-4}	200	90	300.00	109.32	292.20	1.03	46.50
	150	90	225.00	44.40	366.55	0.61	40.93
	100	130	216.67	34.19	404.04	0.54	38.60
	50	180	150.00	19.64	308.57	0.49	45.15
	CN 산정						42.80
7.887×10^{-4}	200	90	300.00	106.76	299.72	1.00	45.87
	150	90	225.00	43.28	372.66	0.60	40.53
	100	130	216.67	32.63	414.57	0.52	37.99
	50	180	150.00	18.56	317.18	0.47	44.47
	CN 산정						42.22
8.600×10^{-4}	200	90	300.00	105.72	302.83	0.99	45.62
	150	90	225.00	42.96	374.43	0.60	40.42
	100	130	216.67	31.67	421.27	0.51	37.61
	50	180	150.00	15.84	340.87	0.44	42.70
	CN 산정						41.59
9.321×10^{-4}	200	90	300.00	103.36	310.02	0.97	45.03
	150	90	225.00	41.56	382.33	0.59	39.92
	100	130	216.67	30.63	428.73	0.51	37.20
	50	180	150.00	14.80	350.82	0.43	42.00
	CN 산정						41.04
10.038×10^{-3}	200	90	300.00	100.40	319.28	0.94	44.31
	150	90	225.00	40.12	390.71	0.58	39.40
	100	130	216.67	29.55	436.72	0.50	36.77
	50	180	150.00	11.92	381.65	0.39	39.96
	CN 산정						40.11

우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

표 4.10 하부토양 투수계수별 CN (투수성보도블록 투수계수=0.026cm/sec)

투수계수 (cm/sec)	강우강도 (mm/hr)	시간 (min)	강우량P (mm)	유출량Q (mm)	S (mm)	P/S	CN
4.302×10^{-4}	200	90	300.00	101.04	317.25	0.95	44.46
	150	90	225.00	62.48	284.32	0.79	47.18
	100	130	216.67	55.27	293.52	0.74	46.39
	50	180	150.00	24.84	272.14	0.55	48.28
	CN 산정						
5.019×10^{-4}	200	90	300.00	100.08	320.30	0.94	44.23
	150	90	225.00	62.20	285.41	0.79	47.09
	100	130	216.67	53.91	299.31	0.72	45.91
	50	180	150.00	23.04	283.92	0.53	47.22
	CN 산정						
5.736×10^{-4}	200	90	300.00	98.80	324.40	0.92	43.91
	150	90	225.00	61.24	289.16	0.78	46.76
	100	130	216.67	53.55	300.87	0.72	45.78
	50	180	150.00	22.24	289.42	0.52	46.74
	CN 산정						
6.453×10^{-4}	200	90	300.00	98.40	325.70	0.92	43.82
	150	90	225.00	60.28	292.97	0.77	46.44
	100	130	216.67	52.23	306.66	0.71	45.30
	50	180	150.00	20.48	302.16	0.50	45.67
	CN 산정						
7.170×10^{-4}	200	90	300.00	98.16	326.48	0.92	43.76
	150	90	225.00	59.32	296.84	0.76	46.11
	100	130	216.67	50.91	312.61	0.69	44.83
	50	180	150.00	18.72	315.88	0.47	44.57
	CN 산정						
7.887×10^{-4}	200	90	300.00	97.20	329.62	0.91	43.52
	150	90	225.00	58.40	300.61	0.75	45.80
	100	130	216.67	48.79	322.47	0.67	44.06
	50	180	150.00	16.96	330.73	0.45	43.44
	CN 산정						
8.600×10^{-4}	200	90	300.00	96.24	332.80	0.90	43.29
	150	90	225.00	57.44	304.61	0.74	45.47
	100	130	216.67	48.31	324.76	0.67	43.89
	50	180	150.00	15.20	346.93	0.43	42.27
	CN 산정						
9.321×10^{-4}	200	90	300.00	95.00	336.95	0.89	42.98
	150	90	225.00	56.88	306.98	0.73	45.28
	100	130	216.67	46.75	332.37	0.65	43.32
	50	180	150.00	14.40	354.80	0.42	41.72
	CN 산정						
10.038×10^{-3}	200	90	300.00	93.68	341.43	0.88	42.66
	150	90	225.00	56.52	308.51	0.73	45.16
	100	130	216.67	44.55	343.51	0.63	42.51
	50	180	150.00	12.68	372.99	0.40	40.51
	CN 산정						

4.2.3 침투트렌치의 CN

- 침투트렌치는 단위길이 10m 130m^2 기준으로 한다.

【해설】

- 침투트렌치 관경이 25cm, 개공은 10cm^2 당 직경 2cm의 원형, 트렌치의 관경사는 2%, 5%, 관길이가 10m 일 때 배수구역 면적을 130m^2 기준으로 한다.
- AMC-I 조건하에서 5개의 트렌치수심에 대하여 CN은 2%일 때 84, 5%일 때 83이며, AMC-III 조건하에서 CN은 2%, 5% 모두 84로 적용시킨다.

표 4.11 AMC-I

CN

트렌치 수심 (mm)	강우량P (mm)		유출량O (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 4.12 AMC-III

CN

트렌치 수심 (mm)	강우량P (mm)		유출량O (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							

4.2.4 침투집수정의 CN

- | | |
|------------|----------------------------|
| • 침투집수정은 1 | 130m ² 기준으로 한다. |
| • III | . |

【해설】

- ① 침투집수정은 본 지침에서 제시한 침투집수정의 구조와 같이 개공은 10cm²당 직경 2cm의 원형천공된 침투집수정에 대하여 산정되었으며, 배수구역 면적을 130m² 기준으로 한다.
- ② AMC-I 조건하에서 4개의 강우강도에 대하여 CN은 84~86, AMC-III 조건하에서 CN은 86~92로 적용시킨다.

표 4.13 AMC-I CN

강우강도 (mm/hr)	강우량P (mm)	유출량Q (mm)	S (mm)	P/S	CN
200	15.7	1.2	40.5	0.39	86
150	18.0	1.3	47.4	0.38	84
100	15.6	0.8	45.7	0.34	85
50	13.8	0.7	40.6	0.34	86
CN 산정					85

표 4.14 AMC-III CN

강우강도 (mm/hr)	강우량P (mm)	유출량Q (mm)	S (mm)	P/S	CN
200	15.3	1.6	34.9	0.44	88
150	17.5	1.6	42.2	0.41	86
100	13.0	1.0	33.5	0.39	88
50	8.0	0.6	20.8	0.38	92
CN 산정					89

4.3 침투시설의 배치계획

4.3.1 설치수량의 기준

우수유출저감시설 기본계획, 풍수해저감 종합계획 및 유역종합 치수계획에서 우수침투시설의 효과를 산정하기 위해서는, 설치하고자 하는 침투시설에 대한 단위 설계침투량과 설치 수량이 필요하게 되며, 단위 설계침투량은 시설의 형상과 대상 지역의 토양 포화투수계수가 정해지면 앞에서 제시한 산정식을 이용해 쉽게 계산할 수 있다.

【해설】

한편, 침투시설의 설치 가능한 수량은 대상 지역의 지형, 지질, 토지 이용에 따라 다르기 때문에 대상 지역의 특성을 충분히 근거로 삼고 실행 가능성이나 경제성을 감안해서 결정할 필요가 있다. 따라서, 본 기준에서는 침투시설의 설계침투강도는 최소 10mm/hr이상을 확보하는 것을 추천한다.

4.3.2 설치장소의 주의사항

(1) 침투시설 간격

침투시설의 간격을 너무 가깝게 하면 침투류의 상호 간섭에 의해 침투량이 저하된다. 따라서, 침투시설은 1.5m 이상 거리를 두고 설치하는 것이 바람직하다.

(2) 사면의 안정

인공조성지, 절토사면, 성토지반의 단부 사면부분과 그 주변 지역에 침투시설을 설치할 경우는 침투시설 설치에 따른 우수침투를 고려한 사면의 안정성에 대해 사전에 충분한 검토를 실시하고, 침투시설 설치의 가부를 판단하도록 한다.

4.3.3 시설의 조합

(1) 침투시설의 배치

침투시설은 각 시설이 단독으로 설치되는 경우는 적으며 여러 가지 종류의 시설을 조합해서 설치된다. 그 대부분이 우수의 집수, 배수시설로서 겸용되기 때문에 집·배수기능을 잊지 않도록 할 필요

가 있다. 또한, 침투트랜치 등의 유하시설 양단에 침투공을 배치하고, 유하시설 내의 수위를 안정시키거나 유하시설 내로의 쓰레기나 토사유입을 방지하는 것이 바람직하다.

(2) 침투시설과 저류시설의 겸용

침투시설만으로 소정의 홍수유출 효과를 얻을 수 없는 경우 저류시설과의 겸용을 고려할 필요가 있다. 침투시설에 의해 홍수유출량을 억제한 후에 저류시설을 통한 홍수조절을 실시하여 조절지의 용량을 경감할 수 있다.

4.4 침투시설의 종류, 시공 및 유지관리

4.4.1 침투통

(1) 개요

본 장은 침투시설중 하나인 침투통 설치에 따른 일반사항, 재료, 시공에 필요한 표준적인 방법을 정한 것이다.

【해설】

투수성을 가지는 통 본체와 주변을 쇄석으로 충전하여 집수한 빗물을 측면 및 바닥에서 땅속으로 침투시키는 침투통의 설계, 시공 및 유지관리에 관한 기준을 규정한다.

(2) 설계요구사항

침투통의 설계시에는 다음과 같은 항목을 고려하여야 한다.

- (1) 적용대상 집수정의 범위
- (2) 위치선정 및 설치 규모
- (3) 위치선정시 주의사항
- (4) 유속 및 경사
- (5) 매설심도
- (6) 기타

【해설】

적용대상 집수정은 우수관경 300mm 이하의 집수정을 대상으로 선정한다.

표 4.15 침투통의 적용 예

설치장소의 이용	접수대상	침투통
단독주택	지붕	○
	건물주택(정원, 주차장)	○
주택단지, 사무소, 학교 등	지붕	○
	건물주변 (식재지, 주차장, 자전거 주차장, 도로)	○
공원 등	식재지(녹지), 도로, 주차장, 운동장	○
도로	보·차도 구별이 있는 도로의 차도	○
	보·차도 구별이 있는 도로의 보도	○
	보·차도 구별이 없는 도로	○

- 침투통의 위치선정 및 설치규모는 하수도 시설기준에 따라 다음 사항을 고려하여 설치한다.
 - ① 관거의 기점, 방향, 경사 및 관경 등이 변하는 곳, 단차가 발생하는 곳, 관거가 회합하는 곳이나 관거의 유지관리상 필요한 장소에 설치한다.
 - ② 관거의 직선부에서도 관경에 따라 50~200m 범위내의 간격으로 설치한다.

표 4.16 맨홀의 관경별 최대간격

관경(mm)	300 이하	600 이하	1000 이하	1500 이하	1650 이하
최대간격(m)	50	75	100	150	200

- ③ 집수정(맨홀)의 종류는 접합관경에 따라 표준맨홀에 준하며, 지형의 특성, 지하매설물과의 관계 및 관거의 구조 등에 따라 특수한 집수정(맨홀)을 형상별 용도에 따라 설치한다.
- ④ 관경이 300mm 이하이고 기계력을 충분히 활용할 수 있는 경우는 맨홀간격을 크게 해도 지장이 없으나, 청소용 차량이 진입 할 수 없는 좁은 도로 및 보행자 전용도로에서의 청소작업 등

은 인력으로 하는 경우가 있기 때문에 이 때에는 작업효과를 좋게 하기 위해 특별하게 맨홀간격을 최대 30m로 할 수도 있다.

표 4.17 표준맨홀의 형상별 용도

명 칭	치수 및 형상	용 도
1호 맨홀	내경 900mm 원형	관의 기점 및 600mm 이하의 관의 중간점 또는 내경 450mm까지의 관의 회합점
2호 맨홀	내경 1200mm 원형	내경 900mm 이하의 관의 중간점 또는 내경 600mm 이하의 관의 회합점
3호 맨홀	내경 1500mm 원형	내경 1200mm 이하의 관의 중간점 또는 내경 800mm 이하의 관의 회합점
4호 맨홀	내경 1800mm 원형	내경 1500mm 이하의 관의 중간점 또는 내경 900mm 이하의 관의 회합점
5호 맨홀	내경 2100mm 원형	내경 1800mm 이하의 관의 중간점

- 침투통 설치시 다음 지역의 경우 설치할 수 없다.
 - ① 산사태 위험지역, 급경사지 등 우수침투에 의해 지반의 안정성에 문제가 발생할 우려가 있는 지역
 - ② 지하건물의 밀집 등으로 우수침투시 주변지역의 건물에 누수 등 문제가 발생할 우려가 있는 지역
 - ③ 투수계수가 10^{-5} cm/sec보다 작은 토양(시공지역의 터파기 공사후 물이 5시간동안 0.18cm 이하로 침투되는 토양)
 - ④ 입도분포도에서 점토가 40%이상을 차지하는 지역
 - ⑤ 공장주변지역 또는 매립지 주변지역 등에서의 수질오염이 우려되는 지역
- 우수관로는 관내침전을 방지하기 위하여 계획우수량에 대하여 최소 0.8m/sec, 최대 3.0m/sec의 유속을 유지해야 하며, 관로의 유속이 3.0m/sec를 초과할 경우에는 적절한 단차공을 설치하여 과도한 관벽 마찰이나 하류부에서 유수가 분출하는 현상을 방지해야 한다.

- 모든 관로의 토피는 도로부의 경우, 관 상단으로부터 1.2m이상, 보도부의 경우는 1.0m 이상 확보되어야 한다(연락관의 경우는 관 상단으로부터 0.6m이상).
- 침투통은 집수가 용이하도록 가능한 한 지형이 오목한 부분을 선정하여 설치해야 한다. 또, 법면에서 소단측구와 도수로가 교차하는 지점에 설치하는 침투통은 밀폐식 뚜껑을 사용하거나 집수정의 높이를 높게 시공하여 도수로에서 급경사로 유하하는 물이 넘치거나 비산되지 않도록 한다. 더불어, 본 공사와 관련이 되는 기존 지하매설물은 손상이 없도록 필요한 모든 보호조치를 강구해야 한다.

(3) 시공 전 주의 사항

·지하매설물조사 등 설치장소의 제약조건을 파악하는 것과 함께 주변의 지표면 상황이나 지형경사, 배수계통 등을 조사한다.

【해설】

상·하수도, 가스, 전력선과 같은 라이프라인(Life-Line)등의 지하매설물이 있는 경우에는 시공 및 유지관리상 어려움이 발생할 수 있으므로 이에 대해 유의하여야 한다. 또한, 침투시설로부터 월류수를 방류하는 대상이 공공하수도 등인 경우에는 기존 관, 공공하수도의 높이와 깊이, 길이에 대하여 조사하여야 한다. 침투통의 시공은 하부층이 동결되었거나 기온이 4°C이하인 경우와 30°C이상인 경우에는 시공해서는 안 된다.

(4) 구성요소

·침투통은 통본체, 충전쇄석, 모래, 투수시트, 연결관(집수관, 배수관, 투수관 등), 부대시설(막힘 방지시설) 등으로 구성된다.

【해설】

침투통은 크게 통 본체와 침투층으로 구분할 수 있다. 통 본체는 '하수도 시설기준(맨홀)'에 따라 위치선정 및 설치규모를 결정하며, 침투층은 통 본체의 크기에 따라 모래와 쇄석층으로 구분한다.

그림 4.16 침투통 표준 단면도

- 단독으로 설치하는 경우

집수규모가 작고 침투량이 적은 경우는 침투통을 단순하게 설치하여 일반적으로 각 가구별로 설치할 수 있다.

- 조합하여 설치하는 경우

단순하게 침투통 하나만으로 처리하지 못하는 경우 다른 침투통과 조합하여 설치한다. 이런 조합설치는 각 가구에서부터 대규모 단지에 이르기까지 광범위하게 설치할 수 있다.

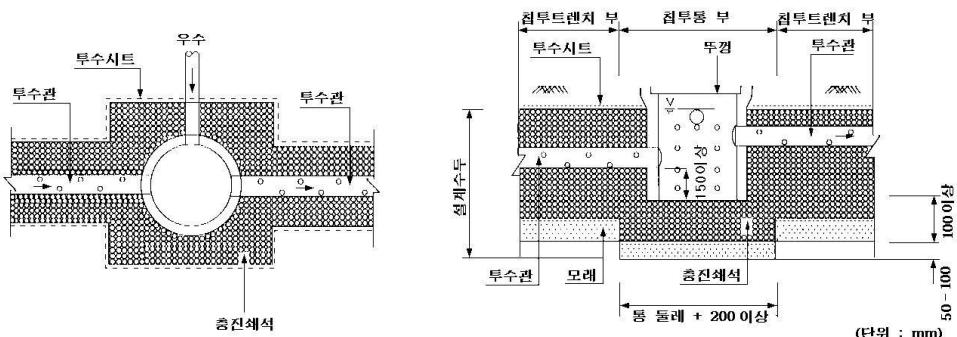


그림 4.17 조합하여 설치하는 경우의 표준구조

- 침투통 본체

- 1) 투통 본체의 설계 및 계획시에는 침투통의 내경, , 통의 높이, , , , .

【해설】

- ① 침투통의 내경 또는 내부치수는 300~500mm를 표준으로 하나, 협소한 장소에서는 150mm 정도를 최소로 한다.
- ② 통의 높이는 연결관의 접합위치 및 진흙의 퇴적깊이 등을 고려하여 결정하도록 한다.
- ③ 형상은 원형 또는 각형으로 하고 재질은 콘크리트 또는 합성수지 (염화비닐, 폴리프로필렌 등)를 표준으로 한다.

- ④ 침투통과 침투통을 조합하여 설치하는 시설에서는 침투통의 측면을 투수성 구조로 처리하지 않고 저면의 바닥으로부터 투수되는 구조로 한다.
- ⑤ 투수구조는 유공 또는 다공(포러스)을 표준으로 한다.
- ⑥ 유공의 구조에 있어 유공경은 충전쇄석의 입경을 고려하여 20mm 이하로 하고 개공률(開孔率)은 장기적인 면에서 투수기능이 저하되지 않도록 0.5% 이상을 표준으로 한다. 다공의 경우에는 투수 계수 $3 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$ 이상을 표준으로 한다.

- 뚜껑 및 막힘 방지장치

- 『껑은 효율적인 유지관리를 위하여 마크를 표시하며, 막힘 방지장치를 설치하여 우수 침투를 원활히 하도록 한다.』

【해설】

- ① 뚜껑에는 유지관리용 마크를 표시하되, 사업준공 후 지자체에 기부채납하는 공공하수도는 해당 지자체 마크를 표시하고, 그 외의 뚜껑에 대해서는 사업자 마크를 표시한다.
- ② 막힘 방지장치에는 상부필터, 저부필터, 관입구에 설치하는 필터 등이 있으며, 설치목적에 따라 적절하게 선택할 필요가 있다. 또한, 막힘 방지장치는 착탈이 쉬운 재료를 이용하며, 일정 수준 이상의 강도를 가지는 것으로 한다.

표 4.18 대상우수에 따른 막힘방지 장치의 설치

대상우수	막힘방지장치		
	상부필터	저면부필터	관입구필터
지붕우수	-	△	○
지표수	토사·쓰레기의 유입이 있는 경우	△	△
	비교적 양호한 경우	○	○

○ : , △ : , - : 필요없음

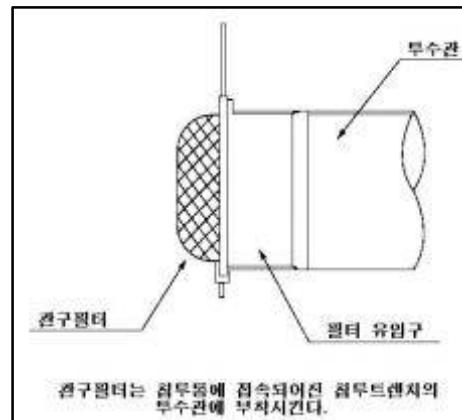
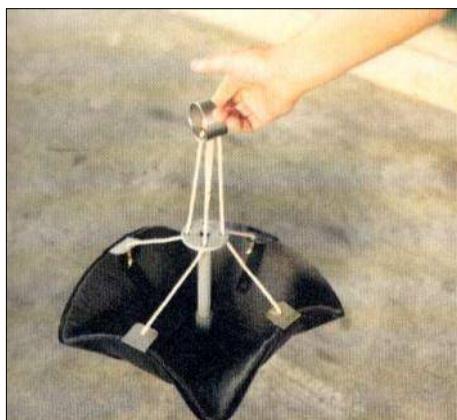


그림 4.18 막힘방지 장치 중 상부필터(上)

左下

관구필터(右下 | 예)

- 집수정 유지관리구

- 도로 집수정은 호우 발생시 도로의 차량과 시민들이 안전하게 통행 할 수 있도록 포장면의 우수(雨水)를 원활히 배수시키는 기능을 가져야 함
- 우리나라는 여름철에 호우가 집중되므로 집수정의 청소는 보통 우기전에 자치단체별로 시행을 하고 있으나 오물의 양이 많아 청소가 어렵거나 고여있는 물에서는 악취가 발생하고 각종 해충의 서식처가 되고 있음
- 따라서, 상·하부 오물받이로 구성된 집수정유지관리구를 사용시 오물제거 및 침투성능을 저하시키는 세립분 토사 청소가 용이함

【해설】

- ① 집수정 유지관리구는 크게 상부 오물받이와 하부 오물받이로 구성되며, 두 오물받이는 프레임으로 연결됨(그림 4.19(a))
- ② 상부 오물받이는 주로 담배꽁초, 각종 쓰레기, 낙엽 등을 거를 수 있는 부분이며, 하부 오물받이는 주로 도로나 인도에서 유입된 미세한 흙을 받아주는 역할을 함(그림 4.19(b))
- ③ 침투집수정에 사용되는 유지관리구는 그림 4.19(c)와 같고, 하부 오물받이에 집적된 미세한 흙은 건조되면 케이크와 같이 청소가 가능하게 됨
- ④ 집수정의 크기에 따라 프레임의 길이 조절이 가능함(그림 4.19(d))

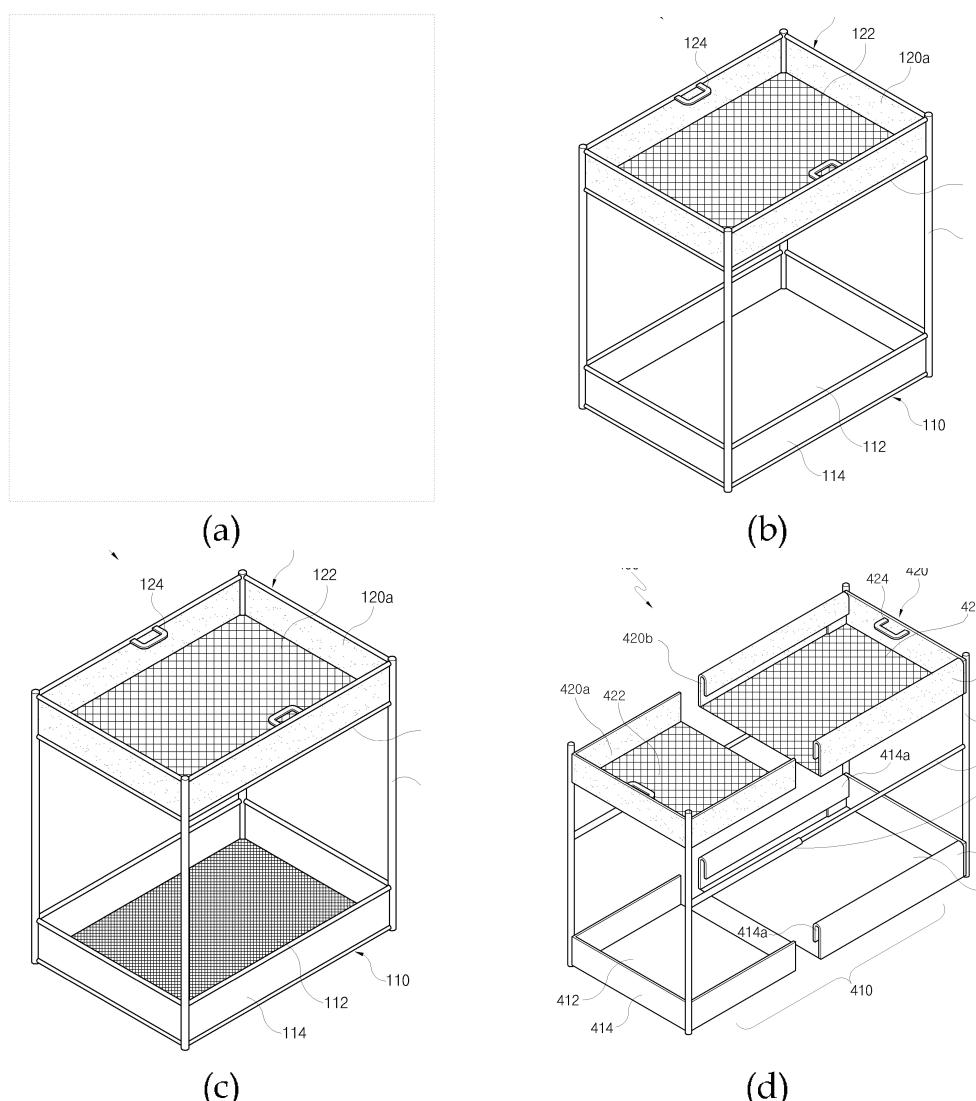


그림 4.19 집수정 유지관리구 개요도

- 모래

·모래는 굴착 바닥면의 침투면이 다짐으로 인하여 침투능력이 저하되는 현상을 방지하기 위해 사용된다. 모래 선정시 종류, 설치시 모래 두께, 지반특성 등에 유의하여 설치하도록 한다.

【해설】

모래는 강모래, 바다모래, 산모래 등을 사용하며, 거친면이 쟁겨진 모래를 사용하는 것이 바람직하며, 시설내의 저류량의 산정에 사용하는 설계공극률은 25% 정도로 한다. 모래의 두께는 50~100mm를 표준으로 하며, 모래는 지반이 사력 또는 사질토인 경우 설치하

지 않는 것이 좋다.

- 충전쇄석

· 시설본체와 침투면(굴착면)사이에 충전되는 쇄석은 침투면의 보호와 저류량 및 설계수두의 확보를 도모하기 위하여 사용되므로 재료 선정시 입도, 종류, 쇄석 형상, 충전높이 등을 고려하여야 한다.

【해설】

재료는 시설본체 구멍의 직경보다 크며 공극률이 높은 것을 선정 한다. 일반적으로 입도는 쇄석 20~40mm의 사용을 표준으로 한다. 또한 건설폐자재의 유용한 활용을 위해서 재생쇄석(콘크리트 파쇄제 등)의 입경을 조정한 쇄석을 사용하는 것도 바람직하다. 쇄석을 충전할 때 사전에 씻어두는 것이 바람직하며, 시설내의 저류량 산정에 사용하는 설계 공극률은 30~40% 정도로 한다. 쇄석은 강하고 내구적인 석질을 가지고, 표면에 부착된 흙 등 불순물을 제거한 것으로, 부술 때는 적당한 입자의 모양과 입도를 가지도록 유의하고, 편평하거나 모나지 않도록 하며, 부술 때 결정 사이에 균열을 남길 우려가 있는 것 등을 사용하여서는 안 된다. 부순 잔골재를 분류할 때는 습식인 경우에는 물로 충분히 씻어서 하고, 건식인 경우에는 미분말을 제거하기 쉽도록 충분히 건조시킨 원석을 사용하여야 한다. 또한 씻을 때는 바닷물을 사용하면 안된다.

충전쇄석은 공극률이 높은 것을 사용하는 것을 원칙으로 하며 시설내 저류량에 사용되는 설계공극률은 토사유입 등으로 인한 저감율 25% 정도를 고려한다(시험은 KS F 2505의 규정을 따른다). 진폭은 침투통 외부에서 200mm 이상으로 하고 충전높이는 요구되는 설계수두에 따라 결정한다. 충전량이 동일한 경우 원형보다 각형이 침투면적이 크기 때문에 쇄석의 충전형상은 각형을 표준으로 한다.

- 투수시트

·투수시트는 토사가 쇄석안으로 유입되는 것을 막음과 동시에 지면의 함몰을 막기 위해 사용되며, 시트내 인장강도, 투수계수, 두께, 재질 등을 고려하여야 한다.

【해설】

재료의 사양은 충분한 인장강도를 가지고 부식 등의 면에 대해서는 장기간 사용에 견딜 수 있고 물을 잘 통과시킬 수 있는 모래와 기타 이상의 투수계수를 갖는 것으로 하며 폭은 5cm 정도, 인장강도 30kg 이상, 투수계수 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ cm/sec 이상, 두께 0.1~0.2mm 이상의 것을 표준으로 한다. 투수시트의 재질은 폴리에스테르, 폴리프로필렌 등이 일반적이다. 또 사용시 하중에 의해서 부서지거나 투수성이 저하되는 경우도 있으므로 주의할 필요가 있다.

(5) 시 공

- 굴착공

·굴착은 인력 또는 소형굴착기계를 사용하며, 붕괴 위험성이 있는 지반의 경우에는 필요에 따라 토류(土流)공사를 시행한다.

【해설】

- ① 기계굴착시 벼킷으로 굴착하고 이 작업이 마무리되면 브러시 등으로 굴착면을 평평하게 한다. 이 때 발생하는 토사는 버리도록 한다.
- ② 삽 등으로 인력굴착하는 경우에는 측면을 벗긴 것처럼 파내 굴착면을 마무리한다.
- ③ 굴착저면의 침투능력을 보호하기 위해서는 과도하게 다져지지 않도록 주의한다.
- ④ 굴착 중 토질 양상의 상이성 또는 특이한 점이 발견되는 경우에는 신속히 설계자 등과 협의하여 적절한 대책을 세운다.

- 모래 부설공

·굴착저면에 쓰이는 모래는 가능한 균질한 것을 써야 하며, 바다모래, 유기물, 기타 유해한 잡물을 포함해서는 안 된다. 또한 굴착시에는 굴착면에서 쓸려내려오는 흙에 대해서도 유의하여 시공하도록 한다.

【해설】

굴착이 완료되면 굴착저면을 보호하기 위해 모래를 깔며, 지반이 사질토인 경우에는 생략하여도 무방하다. 모래 부설시에는 인력으로 실시하며, 기계 등을 이용한 다짐은 하지 않는다.



그림 4.20 모래부설 상황



그림 4.21 모래부설 완료

- 투수시트공

·투수시트는 토사의 쇄석 내로의 유입방지 및 지반함몰을 방지하기 위하여 충전쇄석의 전면을 둘러쌀 수 있게 부설한다.

【해설】

투수시트는 굴착면보다 약간 큰 치수의 것을 사용하고 시트의 이음부에서 토사가 침입하지 않도록 포개서 사용하여야 하며, 작업시 편리를 이용하여 철사 등으로 고정하기도 한다.



그림 4.22 투수시트 부설 상황

- 충전 쇄석공(기초공)

·충전쇄석 투입시에는 토사 유입 방지, 투입 방법, 다짐 등을 고려하여 실시하도록 한다.

【해설】

충전쇄석은 토사의 혼입을 방지하기 위하여 시트 등의 위에 임시 설치하는 것이 좋다. 충전쇄석의 투입은 인력 또는 기계에 의해서 수행하고, 투입시에 투수시트가 당겨지지 않도록 주의한다. 충전쇄석의 다짐은 침하와 함몰의 방지를 위하여 실시하며, 쇄석부분의 투수능력 또는 저류량의 영향을 충분히 고려하여 다짐의 횟수나 방법을 결정하도록 한다.



그림 4.23 침투통, 투수관을 설치하기 전 쇄석 충전 및 설치 모습

- 설치공

·통의 저판에는 모르타르 처리를 하지 않으며, 통을 설치한 후 연결관(집수관, 배수관, 투수관 등)을 연결하고 막힘방지장치 등을 설치한다.

- 충전 쇄석공(측면 및 상면)

·쇄석 충전시에는 통과 투수관 등이 움직이지 않도록 하며, 투수시트가 당겨지지 않도록 신중히 실시한다.



그림 4.24 충전쇄석의 시공상황

- 접합

·관거의 관경이 변화하는 경우 또는 2개의 관거가 합류하는 경우의 접합방법은 수면접합 또는 관정접합으로 한다.

【해설】

지표경사가 급한 경우는 관경변화에 관계없이 지표경사에 따라 단차접합 또는 계단접합으로 한다. 원심력 철근콘크리트관 A형은 P.E 수밀벨트접합, 원심력 철근콘크리트관 B형은 소켓 고무링 접합 또는 수밀팩 고무링 접합, 진동 및 롤 전압 철근콘크리트관은 소켓고무링 접합으로 하되, 수밀성이 확보되도록 주의하여 시공해야 한다.

- 매설공

·침투통 및 기타 시설의 설치가 끝난 후에는 상면에 투수시트공을 설치하도록 하며, 아래의 방법으로 다짐을 충분히 하여야 한다.

【해설】

- ① 충전쇄석공을 완료 후 매설을 시행하기 전에 충전쇄석의 상부를 투수시트로 가린다.
- ② 매설토는 탬퍼 등으로 충분히 다짐한다. 또한 쇄석의 맞물림 등에 따라서 초기 침하가 일어날 수 있으므로 매설 후 1~2일은 주의하는 것이 좋다.
- ③ 매설시 상부이용을 고려한 재료(양질의 흙 등)를 사용한다.



그림 4.25 투수시트의 매설 및 시공 완료 사진

- 잔토 처리 및 청소

•굴착 후 잔토는 공사완료 후 속히 처분하며, 잔재의 정돈과 청소를 실시하고 침투시설에 잔재가 들어가는 일이 없도록 한다.

【해설】

- ① 청소는 인력에 의한 방법과 흡인세정차 등을 이용하여 행하는 방법이 있으며, 내부에 퇴적이 되었을 때 토사 등이 뭉쳐진 상태의 경우, 고압세정기로 흡인하는 것이 효과적이다.
- ② 막힘 방지장치가 설치된 경우는 청소작업을 비교적 용이하게 할 수 있다.
- ③ 기능 저하로 인정되는 경우에는 아래의 방법으로 기능회복을 도모한다.

- 쇄석의 표면을 흡입 세정한다.
 - 쇄석부분을 파낼 때는 세정한다.
 - 쇄석의 주위를 파서 드러낼 때 쇄석의 충전범위를 확대한다.
- ④ 토사 등을 제거하기 힘든 경우는 고압세정기와 병용하는 것이 효과적이나, 분사압에 의해 토립자가 침투면에 압력을 가함으로써 침투능력을 저감시킬 수 있으므로 주의를 요한다.

(6) 유지관리

- 침투능력 확인

·준공에 있어서 몇 개의 시설을 선정한 후 주입시험을 실시하여 침투능력을 확인하도록 한다.

【해설】

주입시험은 KS F 2322 규정에 의한 정수위법을 원칙으로 하지만 부득이한 경우에는 변수위법을 따른다.

- 유지관리

·점검내용은 기능점검과 안전점검으로 분리할 수 있으며, 점검시에는 각각의 점검항목에 맞게 실시하여야 한다. 청소 및 기능확인은 (5)항의 잔토처리 및 청소를 따른다.

【해설】

접속하는 투수관이 있을 경우는 에어벙커 등에서 물을 막고, 물의 주입 후에 KS F 2322의 규정에 의한 정수위법 또는 변수위법으로 침투시험을 실시한다. 다량의 물을 필요로 하며, 시험의 준비, 물의 확보, 측정에 많은 시간이 소요된다.

표 4.19 침투시설 점검의 내용

종 별 내 용	기 능 점 검	안 전 점 검
점검 항목	<ul style="list-style-type: none"> ·토사, 쓰레기, 낙엽의 퇴적상황 ·쓰레기제거 필터의 폐색 상황 ·침수상황 ·주변의 상황(나지에서 토사가 유입될 수 있는 상황이나 낙엽수가 근처에 있는 등의 상황) ·나무뿌리 투입의 유무 	<ul style="list-style-type: none"> ·덮개가 엉갈리는 경우 ·시설의 파손·변형상황 ·지표면의 침하, 함몰상황
점검 방법	<ul style="list-style-type: none"> ·실측시 토사·쓰레기 등의 투입상황 ·측정기 등에 의한 토사의 퇴적량 확인 ·우천시의 침투상황 확인 ·필터용 바구니 등에서 시설 내로 유입되는 물의 침투상황 확인 	<ul style="list-style-type: none"> ·외견상 눈으로 보이는 것으로 점검 ·해머 등을 이용하여 쪼개진 틈의 확인
점검의 중점개소	<ul style="list-style-type: none"> ·배수계통으로 판단된 종점부근시설 ·나지나 도로배수가 직접 유입되는 시설 ·비교적 주변지반보다 낮은 곳에 설치된 우수가 유입되기 쉬운 장소 ·상부 개방형 시설 	<ul style="list-style-type: none"> ·이용자나 통행차량 등이 많은 곳 ·과거에 함몰 등이 발생한 장소
점검시기	<p>(정기점검)</p> <ul style="list-style-type: none"> ·년1회 이상을 원칙으로 한다. <p>(비 정기점검)</p> <ul style="list-style-type: none"> ·우기, 태풍시기 등 강우량이 많은 시기 ·홍수경보의 발령시 ·시설주변에서 토공사 등의 종료 후 ·이용자들에게 통보가 이루어진 경우 	

표 4.20 침투통의 점검표()

점 검 일 시	년 월 일	점검자 성명		책임자인	
점 검 장 소		응급처치		유	무
총괄점검평가	응급처치 필요	경과관찰 필요	이상 없음		
점 검 결 과					
침 투 통	외 견	덮개의 엇갈림, 파손, 주위의 함몰, 월류, 기타()			
	내 부	쓰레기, 낙엽, 토사(퇴적량 cm), 기타()			
		막힘 방지장치	탈락, 분실, 파손, 폐색		
필요한 조치, 강구된 조치 등					

4.4.2 침투트렌치

(1) 개요

·본 장은 침투시설중 하나인 침투트렌치 설치에 따른 일반사항, 재료, 시공에 필요한 표준적인 방법을 정한 것이다.

【해설】

굴착한 도랑에 쇄석을 충전하고 그 중심에 침투통과 연결되는 유공관을 설치하여 우수를 통하게 하며, 쇄석의 측면 및 저면으로부터 지중으로 침투시키는 침투트렌치의 설계, 시공 및 유지관리에 관한 기준을 규정한다.

(2) 설계요구사항

·침투트렌치의 설계시에는 다음과 같은 항목을 고려하여야 한다.

- ① 적용대상 우수관
- ② 시설의 일반구조
- ③ 위치선정
- ④ 매설심도
- ⑤ 유속 및 경사
- ⑥ 침투트렌치의 연장
- ⑦ 침투트렌치의 종단계획

【해설】

적용대상 우수관은 우수관거로 이용되는 직경 300mm 이하의 투수관을 대상으로 선정한다.

표 4.21 침투트렌치의 적용 예

설치장소의 이용	집 수 대 상	침투트렌치
단독주택	지붕	○
	건물주택(정원, 주차장)	○
주택단지, 사무소, 학교 등	지붕	○
	건물주변 (식재지, 주차장, 자전거 주차장, 도로)	○
공원 등	식재지(녹지), 도로, 주차장, 운동장	○
도로	보·차도 구별이 있는 도로의 차도	
	보·차도 구별이 있는 도로의 보도	○
	보·차도 구별이 없는 도로	

- 침투트렌치는 하수도시설기준에 따라 다음 사항을 고려하여 설치한다.

- ① 자중, 적재하중, 수압, 토압, 풍압, 지진력, 적설하중 및 연약지반의 부마찰력 등에 대하여 구조상 안전하고 내구성이 있어야 한다.
- ② 지하수 침입의 염려가 없어야 하며, 내마모성 및 내부식성인 것으로 한다.
- ③ 지하수위가 높은 지점에 축조하는 구조물은 내부가 비어 있을 때에도 부력에 안전하여야 한다.

- 위치선정은 하수도 시설기준에 따라 다음 사항을 고려하여 설치한다.

- ① 관거를 공공도로에 매설하는 경우에는 그 매설위치 및 깊이를 도로관리자와 협의하여야 한다. 사업을 실시할 때는 도로법 제40조에 의하여 도로관리자에게 점용원을 제출하고 허가를 받아야 한다. 또한 사전에 다른 매설물에 대해 충분히 조사하여 장해가 되는 구조물은 이설을 의뢰한다.
- ② 철도횡단의 경우에는 관거가 교통하중 및 진동을 직접 받지 않도록 충분한 깊이로 매설해야 한다. 그러나 종단경사의 특수성에 의하여 교통하중 및 진동이 작용하는 경우에는 관거에 직접 영향을 주지 않도록 방호공을 설치하여야 한다.

- ③ 관거를 사유지내에 매설하는 경우에는 토지소유자와 협의하여야 한다. 지형 및 기타의 불가피한 이유로 관거를 사유도로 등의 사유지에 매설할 수 밖에 없는 경우에는 그 토지의 소유자와 협의해 유지관리에 지장을 주지 않도록 지상권 설정 및 협의서 등의 필요한 조치를 취해야 한다.
- 모든 관로의 토피는 도로부의 경우, 관 상단으로부터 1.2m 이상, 보도부의 경우는 1.0m 이상 확보되어야 한다(연락관의 경우는 관 상단으로부터 0.6m 이상).
 - 우수 관로는 관내침전을 방지하기 위하여 계획하수량에 대하여 최소 0.8m/sec, 최대 3.0m/sec의 유속을 유지해야 하며, 관로의 유속이 3.0m/sec를 초과할 경우에는 적절한 단차공을 설치하여 과도한 관벽 마찰이나 하류부에서 유수가 분출하는 현상을 방지해야 한다.
 - 침투트렌치의 최대 연장은 청소 등의 유지관리를 고려하여 관경의 120배 이하를 표준으로 한다.
 - 중단경사는 투수관내로의 퇴적된 토사 등을 소통시킴과 동시에 막힘에 의해 침투능력이 저하되는 경우 통수기능을 보존하는 목적을 위해 필요하다. 투수관의 중단경사는 대체로 1~2% 정도로 하는 것을 표준으로 하며, 지형이나 규모에 따라 결정하는 경우도 있다.
 - 충전쇄석의 종단경사는 설계수두를 균등하게 할 수 있는 의미에서 수평으로 하는 것이 바람직하나, 지형경사가 있는 경우 지형경사에 맞추는 것이 좋다.

(3) 시공 전 주의 사항

·지하매설물조사 등 설치장소의 제약조건을 파악하는 것과 함께 주변의 지표면 상황이나 지형경사, 배수계통 등을 조사한다.

【해설】

상·하수도, 가스, 전력선과 같은 라이프라인(Life-Line)등의 지하매설물이 있는 경우에는 시공 및 유지관리상 어려움이 발생할 수 있으므로 이에 대해 유의하여야 한다. 또한, 침투시설로부터 월류

수를 방류하는 대상이 공공하수도 등인 경우에 기존 관, 공공하수도의 높이와 깊이, 길이에 대하여 조사하여야 한다. 침투통의 시공은 하부층이 동결되었거나 기온이 4°C 이하인 경우와 30°C 이상인 경우에는 시공해서는 안 된다.

(4) 구성

- 투수관

·투수관은 원형 또는 계란형이 많으며, 재질은 콘크리트 또는 염화비닐을 표준으로 하며, 관의 형태에 따라 유공경, 개공률, 투수계수, 관저부 구성 등을 고려하여야 한다.

【해설】

투수구조는 유공관 또는 다공관을 표준으로 한다. 유공관의 경우에 있어서는 유공경은 충전재의 입도를 고려하여 20mm 이하로 하고, 개공률은 장기적으로 투수를 저해하지 못하도록 0.5% 이상을 표준으로 한다. 다공관의 경우 투수계수는 3×10^{-1} cm/sec 이상을 표준으로 한다. 또한 관저부는 오염물질이 쇄석으로 유입되는 것을 방지하기 위하여 투수구조로 하지 않는 것을 원칙으로 한다.

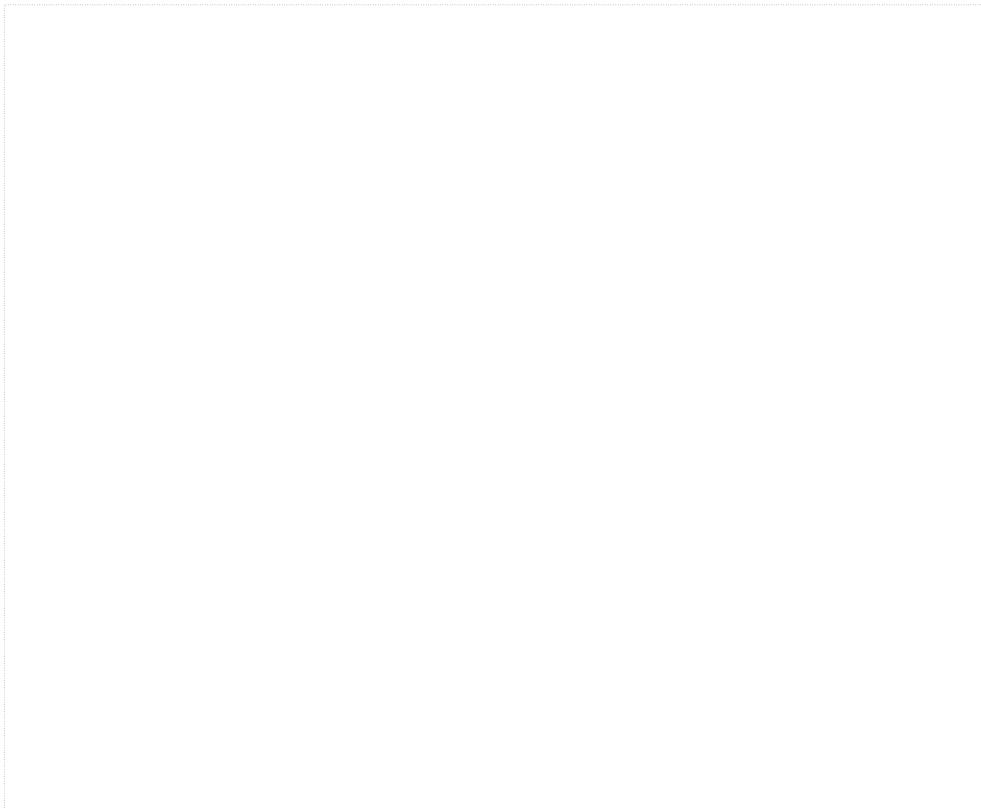


그림 4.26 침투트렌치 표준단면도

- 모래

·모래는 굴착 바닥면의 침투면이 다짐으로 인하여 침투능력이 저하된 현상을 방지하기 위해 사용된다. 모래 선정시 종류, 설치시 모래 두께, 지반특성 등에 유의하여 설치하도록 한다.

【해설】

모래는 강모래, 바다모래, 산모래 등을 사용하며, 거친면이 씻겨진 모래를 사용하는 것이 바람직하며, 시설내의 저류량의 산정에 사용하는 설계공극률은 25% 정도로 한다. 모래의 두께는 50~100mm를 표준으로 하며, 모래는 지반이 사력 또는 사질토인 경우 설치하지 않는 것이 좋다.

- 충전쇄석

· 시설본체와 침투면(굴착면)사이에 충전되는 쇄석은 침투면의 보호와 저류량 및 설계수두의 확보를 도모하기 위하여 사용되므로 재료 선정시 입도, 종류, 쇄석 형상, 충전높이 등을 고려하여야 한다.

【해설】

충전쇄석의 일반적인 사항은 침투통 (4)항의 내용과 같다. 다만 충전쇄석의 폭 및 충전높이, 기타내용은 다음과 같이 고려하여야 한다.

- ① 충전쇄석의 폭은 소형 굴착기의 버킷 폭을 고려하여 600mm 정도를 표준으로 하며 부지가 좁은 경우와 같이 제약이 있는 경우에는 300mm 정도를 최소 치수로 한다.
- ② 충전높이는 설계수두에 의해 결정하는 것으로 하며 500 ~ 1,000 mm를 표준으로 한다.
- ③ 쇄석의 상부 토지이용에 따라 결정하는 것으로 하며 녹지 등은 지반으로부터 150mm 정도 이상을 확보하는 것이 좋다.

- 투수시트

·투수시트는 토사가 쇄석안으로 유입되는 것을 막음과 동시에 지면의 함몰을 막기 위해 사용되며, 시트내 인장강도, 투수계수, 두께, 재질 등을 고려하여야 한다.

【해설】

투수시트의 일반적인 사항은 침투통 (4)항의 내용과 같다.

- 관입구 필터

·관입구 필터는 투수관으로의 쓰레기 등의 유입을 방지할 목적으로 사용되며, 필터의 mesh 및 쓰레기 등의 투과율 등을 고려하여야 한다.

【해설】

관입구 필터의 mesh(1인치 간격내에 있는 망의 수)는 4~5개를 표준으로 하며, 청소간격은 쓰레기 등의 투과율을 고려하여 결정한다.

(5) 시 공

·침투트렌치의 시공방법은 침투통의 시공방법과 유사하므로 침투통의 1.3 시공편을 참고하기로 하며, 본 절에서는 생략하기로 한다.

【해설】

침투트렌치의 경우 단독설치보다는 침투통과의 연계 설치가 거의 대부분이므로 시공방법은 4.4.1절의 침투통의 시공편으로 대체하여도 무방하다.

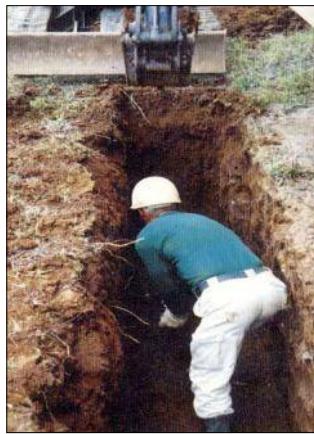


그림 4.27 굴착모습



그림 4.28 굴착완료

(6) 유지관리

- 침투능력 확인

·준공에 있어서 몇 개의 시설을 선정한 후 주입시험을 실시하여 침투능력을 확인하도록 한다.

【해설】

주입시험은 KS F 2322 규정에 의한 정수위법을 원칙으로 하지만 부득이한 경우에는 변수위법을 따른다.

- 유지관리

·점검내용은 기능점검과 안전점검으로 분리할 수 있으며, 점검시에는 각각의 점검항목에 맞게 실시하여야 한다. 청소 및 기능확인은 침투능력에 영향이 없도록 유의하여야 한다.

【해설】

- ① 침투트렌치의 점검항목으로는 점검년월일, 점검자 성명, 책임자, 점검장소, 총괄점검평가 및 침투트렌치의 내부, 외관상의 평가, 필요한 조치 등을 기재하여야 한다.
- ② 트렌치 청소의 경우 접속부의 통이나 관구필터의 청소시 중점적으로 행하며, 관구필터는 인력으로, 투수관은 고압세정기 등을 이용하여 행한다.

표 4.22 침투트렌치의 점검표()

점 검 일 시	년 월 일	점검자 성명		책임자인	
점 검 장 소		응급처치	유 무		
총괄점검평가	응급처치 필요	경과관찰 필요	이상 없음		
점검결과					
침 투 트 렌 치	외 견	상부의 함몰, 쇄석 노출, 기타()			
	내 부	통에서의 토사진입의 유무, 나무뿌리의 유무, 기타()			
	막힘 방지장치		탈락, 분실, 파손, 폐색		
필요한 조치, 강구된 조치 등					

4.4.3 침투측구

(1) 개요

본 장은 침투시설 중 하나인 침투측구 설치에 따른 일반사항, 재료, 시공에 필요한 표준적인 방법을 정한 것이다.

【해설】

측구의 주변을 쇄석으로 충전하고 우수를 측면 및 저면으로부터 침투시키는 침투측구의 설계, 시공 및 유지관리에 관한 기준을 규정한다.

(2) 설계요구사항

침투측구의 설계시에는 다음과 같은 항목을 고려하여야 한다.

- ① 적용지역
- ② 일반구조
- ③ 경사
- ④ 점검사항

【해설】

침투측구의 적용지역은 설치대상 및 집수대상에 따라 상이하므로 이에 대한 고려가 필요하다.

표 4.23 침투측구의 적용 예

설치장소의 이용	집 수 대 상	침투측구
단독주택	지붕	
	건물주택(정원, 주차장)	○
주택단지, 사무소, 학교 등	지붕	○
	건물주변 (식재지, 주차장, 자전거 주차장, 도로)	○
공원 등	식재지(녹지), 도로, 주차장, 운동장	○
도로	보·차도 구별이 있는 도로의 차도	○
	보·차도 구별이 있는 도로의 보도	○
	보·차도 구별이 없는 도로	○

우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

- 시설 구조는 도로설계편람 및 도로공사표준시방서 등에 따라 다음 사항을 고려하여 설치한다.
 - ① 침투측구는 설치장소에 따라 운전자나 보행자에 불안감과 교통 사고의 위험 요소가 될 수 있으므로 시가지나 교통량이 많은 도로에서는 덮개를 반드시 설치하여야 한다. 특히 측구에 덮개를 덮어 보도로 사용할 때는 측구와 보도를 겸하므로 덮개의 파손에 유의해야 한다.
 - ② I.C나 분리차선, 시가지 구간, 녹지대 및 부체도로에 지형여건을 감안하여 설치한다.
 - ③ 유출량 및 측구의 경사에 따라 필요한 통수단면을 설정하여 침투측구의 규격을 결정한다.
- 침투측구는 횡단경사 및 종단경사로 구분하여 시설을 설치하여야 한다.
 - ① 횡단경사의 경우 설계도에 별도의 명시가 없는 한, 도로쪽에서 보·차도 경계블록쪽으로 2~4%의 편경사를 두어야 하며, 도로 횡단경사를 편경사로 시공하는 경우에는 높은쪽 측구를 도로 횡단경사에 맞추어 역경사로 시공한다.
 - ② 종단경사는 경사지의 경우 도로의 종단경사와 동일하게 적용하며, 평지의 경우에는 두 빗물받이 사이의 중앙점에서 양쪽으로 0.25% 이상 경사를 두어 배수가 원활히 되도록 해야 한다.
- 시설 설계시 다음과 같은 점검항목을 고려하여야 한다.
 - ① 침투측구의 이상유무
 - ② 침투측구의 퇴사 퇴적 상태
 - ③ 포장노면의 균열 상황 및 변화
 - ④ 자갈도로면의 요철 상황 및 변화
 - ⑤ 월류장소나 침수상황
 - ⑥ 도로주변으로의 물 및 토사의 유입상황

(3) 시공 전 주의 사항

·침투측구는 시공 환경조건에 따라 침투능력의 저하, 유지관리 등에 대한 문제점이 발생될 우려가 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다.

【해설】

침투측구의 시공은 하부층이 동결되었거나 기온이 4°C 이하인 경우와 30°C 이상인 경우에는 시공해서는 안 된다.

(4) 구성요소

- 본체

·침투측구는 형상, 내부 폭, 투수구조 등을 고려하여 시설을 설치하도록 한다.

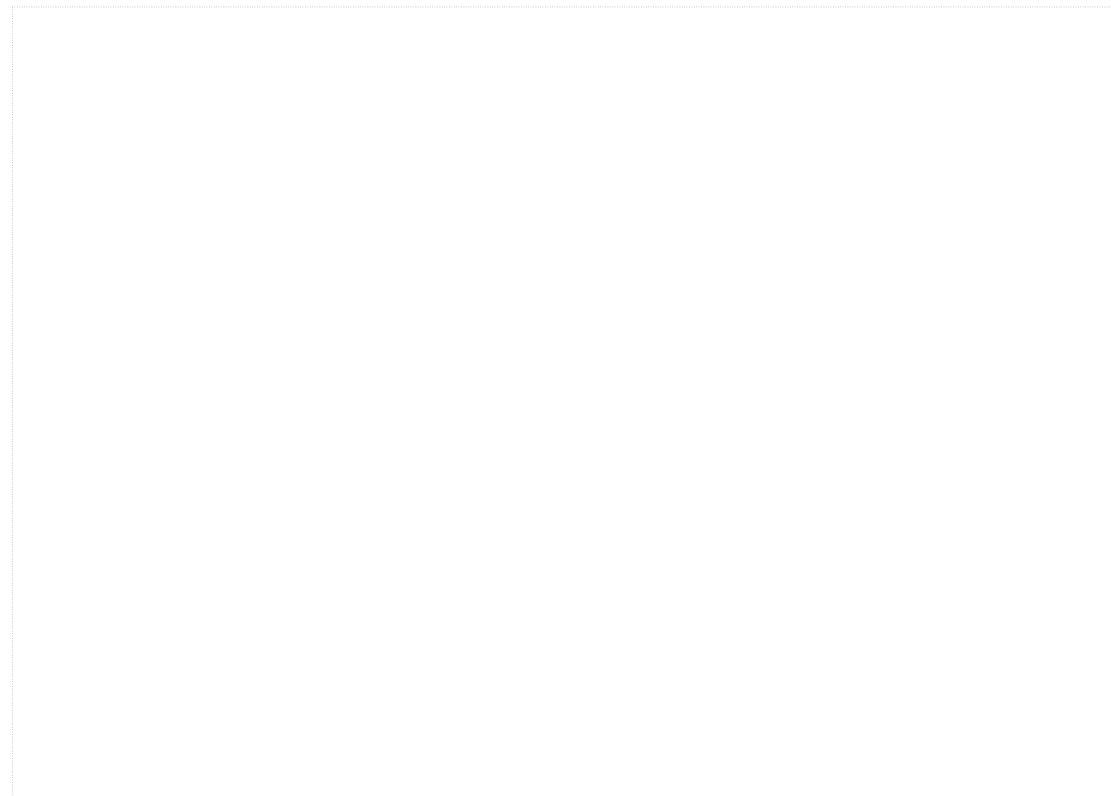


그림 4.29 침투측구 표준단면도

【해설】

- ① 침투측구의 형상은 보통 일반측구(U자측구 등)과 비슷하며 재질은 콘크리트를 표준으로 한다.
- ② 내부 폭은 통수능력과 청소 등의 유지관리를 고려하여 폭 $140\sim 450\text{mm}$ 를 표준으로 한다.
- ③ 투수구조는 측면이나 저면부를 유공 또는 다공성으로 한다. 저면

부는 막힘 등이 일어나기 쉽기 때문에 측면부를 투수구조로 하는 것이 중요하다. 유공의 경우 유공경은 충전쇄석의 입도를 고려하여 20mm 이하로 하고, 개공률은 장기적인 측면을 고려하여 0.5% 이상을 표준으로 한다. 다공성인 경우 투수계수는 3×10^{-1} cm/sec 이상으로 하고 공극률은 일반적으로 15~30% 정도로 한다.

- 모래

·모래는 굴착 바닥 침투면이 시공시에 다짐이 됨으로써 침투능력이 저하되는 현상을 방지하기 위해 사용되어지므로 모래 선정시 종류, 모래 두께, 지반 특성에 유의하여 설치하도록 한다.

【해설】

침투통, 침투트렌치, 침투측구 등에 사용되는 모래는 침투통의 (4) 항의 내용과 같으므로 생략하기로 한다.

- 충전쇄석

·충전쇄석은 시설 본체와 침투면(굴착면)사이에 충전하고 침투면의 보호와 저류량 및 설계수두의 확보를 도모하기 위하여 사용되므로 재료 선정시 입도, 종류, 형상, 충전 높이 등을 고려하여야 한다.

【해설】

충전쇄석의 일반적인 사항은 침투통의 (4)항의 내용과 같다. 다만 충전쇄석의 폭 및 충전높이, 기타내용은 다음과 같이 고려하여야 한다.

- ① 충전쇄석의 폭은 측구 바깥 폭보다 200mm 이상 크게 하고 저면부의 두께는 100mm 이상을 표준으로 한다.
- ② 충전높이는 설계수두와 상부의 토지이용을 고려하여 결정한다.

- 투수시트

· 투수시트는 토사가 쇄석안으로 유입되는 것을 막음과 동시에 지면의 함몰을 막기 위해 사용되며, 시트내 인장강도, 투수계수, 두께, 재질 등을 고려하여야 한다.

【해설】

투수시트의 일반적인 사항은 침투통의 (4)항의 내용과 같다.

(5) 시 공

· 침투측구의 시공방법 또한 침투통의 시공방법과 유사하므로 침투통의 (5) 시공편을 참고하기로 하며, 시설 설치공시에는 다음 해설을 따르도록 한다.

【해설】

침투측구의 경우도 침투통과 시공순서가 거의 유사하나, 시설공 설치단계에서 침투측구의 접속부는 모르타르를 처리하며, 측구내에 토사 등이 유입되지 않도록 가설 덮개를 덮어야 한다.

(6) 유지관리

- 침투능력 확인

· 준공에 있어서 몇 개의 시설을 선정하여 주입시험을 실시하여 침투 능력을 확인하도록 한다.

【해설】

시설내 2~3m의 간격에서 토양 등에 지수벽을 만들면서 물을 주입하는 정수위법 또는 변수위법을 시험한다. 기능의 확인은 구간 선정시 기초자료가 되며, 지수벽의 치수효과에 대해서도 검증할 수 있으므로 이에 대한 검토가 필요하다.

- 유지관리

·점검내용은 기능점검과 안전점검으로 분리할 수 있으며, 점검시에는 각각의 점검항목에 맞게 실시하여야 한다. 시설 유지관리의 경우 지형, 외부의 영향, 파손, 배수능력 부족 등의 영향인자에 대해서도 고려하여야 한다.

【해설】

- ① 침투측구의 점검항목으로는 점검년월일, 점검자 성명, 책임자, 점검장소, 총괄점검평가 및 침투측구의 내부, 외견상의 평가, 필요한 조치 등을 기재하여야 한다.
- ② 침투측구는 산간부에서는 낙엽이나 토사붕괴, 평지에서는 오물이나 토사의 퇴적에 의해 기능저하를 일으키기 쉽다.
- ③ 콘크리트 측구벽은 노면하중 등으로 쓰러지는 경우가 있으므로 지지대로 받치는 등 보강하는 것이 좋다.
- ④ 측구의 뚜껑이나 연석의 파손은 교통사고의 원인이 되는 수가 있으므로 조속히 교체 또는 보수를 하여야 한다.
- ⑤ 연결관이나 배수관은 하중이나 지반침하에 의해 파손되는 경우가 있으며 누수가 노상에 공동 등을 발생시켜 함몰사고의 원인이 되는 경우가 있다.
- ⑥ 배수능력이 부족할 경우에는 증개축을 고려할 필요가 있다.

표 4.24 침투측구의 점검표()

점 검 일 시	년 월 일	점검자 성명		책임자인	
점 검 장 소		응 급 처 치	유 무		
총괄점검평가	응급처치 필요	경과관찰 필요	이상 없음		
점검결과					
침 투 측 구	외 견	덮개의 엇갈림, 파손, 주위의 함몰, 기타()			
	내 부	쓰레기, 낙엽, 토사(퇴적량 cm), 기타()			
	막힘 방지장치	탈락, 분실, 파손, 폐색			
필요한 조치, 강구된 조치 등					

4.4.4 투수 시멘트 콘크리트 포장

(1) 개요

본 장은 침투시설중 하나인 투수 시멘트 콘크리트 포장 설치에 따른 일반사항, 재료, 시공에 필요한 표준적인 방법을 정한 것이다.

【해설】

시멘트 콘크리트 포장체를 통하여 빗물을 노상에 침투시켜 흙속으로 환원시키는 기능을 갖는 투수성 시멘트 콘크리트의 설계, 시공 및 유지관리에 관한 기준을 규정한다.

(2) 설계요구사항

투수성 시멘트 콘크리트 포장시에는 다음과 같은 항목을 고려하여야 한다.

- (1) 포장 두께
- (2) 경사
- (3) 줄눈의 설치
- (4) 내구성을 고려하여 차량총중량 5톤 이하의 도로에 적용

【해설】

투수 콘크리트 포장 두께는 모래층, 기층, 투수 콘크리트층의 순으로 구성되며, 각각의 두께는 다음과 같다.

- ① 모래층 : 3cm
 - ② 기층 : 7cm(적재량 4톤 이하의 소형차량 진입시 10cm)
 - ③ 투수 콘크리트층 : 6cm(적재량 4톤 이하의 소형차량 진입시 10cm)설치시에는 단독주택내의 정원, 주차장, 주택단지 및 학교의 식재지, 주차장, 자전거 주차장, 도로, 보·차도 구별이 있는 도로의 보도 및 보·차도 구별이 없는 도로 등의 차량 횡단이 빈번하지 않은 곳에 설치하도록 한다.
- 횡단경사는 표면배수처리가 가능한 방향으로 2%의 횡단경사를 유지하여야 한다. 도로와 접한 보도의 종단경사는 도로경사와 동일하게 적용하며, 녹지 등에 설치하는 경우에는 최대 12%를 초과하지 않도록 하여야 한다.

- 줄눈 설치의 경우 수축줄눈, 팽창줄눈, 시공줄눈 등으로 나뉘며, 설치시에는 다음 사항에 유의하여 설치하도록 한다.
 - ① 수축줄눈의 간격은 포장의 폭이 1m 미만인 경우에는 3m마다, 1m 이상인 경우에는 5m마다 설치하며, 단지내 보도의 경우에는 현관 연결부에 우선 설치하고 이를 기준으로 줄눈간격이 일정하도록 조정하여 설치한다. 경계블록, L형 측구, 옹벽 등 본 선포장에 인접된 구조물의 모든 줄눈은 본선포장의 줄눈과 일치시켜야 한다. 또한, 팽창줄눈과 수축줄눈이 겹치는 곳에서는 수축줄눈은 삭제한다. 줄눈의 구조는 슬래브 두께의 1/2 깊이 까지 3mm 폭으로 절단하고, 줄눈재는 삽입하지 않는다.
 - ② 팽창줄눈의 간격은 30m를 기준으로 하며, 슬래브의 폭원이 변화하는 곳, 보도와 보도가 만나는 곳 등에는 반드시 설치하여야 한다. 줄눈은 노면에 수직이며, 일직선으로 슬래브 전폭에 걸쳐서 완전히 절단되도록 하되, 조인트필러 및 백업재 삽입 후 액상의 줄눈재를 주입하는 것으로 한다. 이 때 줄눈재의 주입깊이는 20~40mm 정도로 하고 줄눈의 폭은 20mm를 표준으로 한다.
 - ③ 시공줄눈은 콘크리트 치기가 끝나는 부분에 설치하며, 설치방법은 ②항의 팽창줄눈에 따른다.

(3) 환경조건

· 투수성 시멘트 콘크리트 포장 시공시에는 작업환경의 기온, 강우 등 기상조건에 의해 손상을 받을 수 있으므로 이에 대해서 유의하여야 한다.

【해설】

- 노상이 동결된 경우에는 시공해서는 안 된다.
- 모래층 및 기층의 시공은 기온이 1.5°C 이상일 때만 시행할 수 있다. 기온이 1.5°C 이하로 내려가면 모든 완성된 각층은 동해에 의한 피해를 막을 수 있도록 승인된 방법으로 보호되어야 한다.
- 투수 콘크리트는 기온이 5°C 이하이거나 30°C 이상인 경우에는 시

공해서는 안 된다.

- 시공 중 비가 오면 즉시 작업을 중단하여야 하며, 기온의 저하, 강우 등 기상조건에 의해 손상을 입은 부분은 명시된 시방규정에 맞도록 수급인 비용으로 제거되고 재시공되어야 한다.

(4) 구성요소

- 모래층

·모래는 75 μm (No.200)체 통과량이 6% 이하인 모래를 사용하며, 모래는 깨끗하고 강하고 내구적이어야 하고, 먼지, 흙, 유기불순물, 염화물 등의 유해량을 함유해서는 안 된다. 또한, 모래층의 투수계수는 $1\times10^{-4}\text{cm/sec}$ 이상을 사용하는 것이 좋으며, 시험은 KS F 2322에 따른다.

【해설】

모래는 필터역할을 하며, 빗물이 흙속에 침투할 때 연약한 노상도 가 보조기층이나 기층속으로 침입하는 것을 방지한다.

- 기 층

·기층재료는 입도, 마모감량, 소성지수, 수정 CBR, 투수계수 등을 고려하여 사용하여야 한다.

【해설】

- ① 기층재료는 KS F 2525의 크러셔런 C-20 규정에 적합한 도로용 부순돌로서 콜재의 입도는 다음의 입도 범위내에 있어야 한다.

표 4.25 기층재료의 입도 범위

종 류	체를 통과하는 것의 무게백분율(%)				
	26.5mm	19mm	13.2mm	4.75mm	2.36mm
크러셔런 C-20	100	95 ~ 100	80 ~ 90	20 ~ 50	10 ~ 35

② 기층재료의 품질은 다음 규정에 적합한 것이어야 한다.

표 4.26 기층재료의 품질 범위

구 分	시 험 방 법	규 정
마모감량	KS F 2508	40% 이하
소성지수	KS F 2303, KS F 2304	6 이하
수정 CBR	KS F 2320	20% 이상
투수계수	KS F 2322	$1 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 이상

- 투수 콘크리트

·투수콘크리트는 시멘트, 굵은골재, 잔골재, 물, 혼화제, 안료, 배합설계 등에 관한 사항을 고려하여 양질의 재료를 사용하여야 한다.

【해설】

- ① 시멘트 : KS L 5201(포틀랜드 시멘트)의 규격에 의한 보통 포틀랜드 시멘트이어야 하며, 같은 공사구간 내에서는 동일한 제품이어야 한다. 또한 기상 및 시공조건에 의해 조강 또는 중용열 포틀랜드 시멘트를 사용하고자 할 경우는 사전에 감독자의 승인을 받아야 한다.
- ② 굵은 골재 : 굵은 골재는 깨끗하고 내구성이 있고, 먼지, 흙, 유기 불순물 등의 유해물을 함유하지 않는 부순돌 또는 부순 자갈을 사용하며, 다음의 품질규정에 적합한 것이어야 한다.

표 4.27 굵은 골재의 품질 규정

항 목	시험 방법	규 정
비 중	KS F 2503	2.5 이상
흡 수 율	KS F 2503	3% 이하
마 모 율	KS F 2508	35% 이하
안 정 성	KS F 2507	Na_2SO_4 12% 이하

- ③ 잔골재는 깨끗하고 강하며 유기불순물, 염분 등의 유해한 물질이 혼입되지 않는 강모래 또는 부순모래를 사용하며 다음의 품질규정에 적합한 것이어야 한다.

표 4.28 잔골재의 품질규정

항 목	시험 방법	규 정
비 중	KS F 2504	2.5 이상
흡 수 율	KS F 2504	3% 이하
염 분 함 량	KS F 2515	0.04% 이하
안 정 성	KS F 2507	Na_2SO_4 10% 이하

- ④ 투수 콘크리트에 사용하는 물은 먹는 물 수질기준에 적합한 것으로 콘크리트에 유해한 불순물을 함유하지 않아야 한다.
 ⑤ 혼화제는 일반 콘크리트 포장에서 사용되는 혼화제를 모두 사용할 수 있으며, 혼화제의 품질은 KS F 2560(콘크리트용 화학 혼화제) 및 KS L 5405(Fly Ash) 규정에 적합한 것이어야 한다.
 ⑥ 안료는 기상변화에 대한 내후성이 우수하며, 색상의 변화가 적고 환경적으로 무해한 것이어야 한다.
 ⑦ 배합설계
 (가) 투수 콘크리트의 규격 및 품질

표 4.29 투수 콘크리트의 규격 및 품질

항 목	설계기준강도 (재령 28 일 압축강도)	굵은골재 최대치수	슬럼프	공극율	투수계수
규 정	180kg/cm ²	19mm	0 ~ 5cm	8% 이상	1.0×10^{-2} cm/sec 이상

- (나) 골재의 합성입도는 제품별 특성에 따라 제조업자의 시방서에서 규정하는 범위를 만족하여야 한다.
- (다) 투수 콘크리트의 배합을 위한 시멘트의 양은 투수 콘크리트 1m³ 당 280kg 이상이어야 한다.
- (라) 색소, 혼화제 및 첨가제의 양은 투수 콘크리트 제조업자의 시방서에 따라 사용량을 결정한다.

⑧ 줄눈재료

- (가) 주입 줄눈제(Joint Sealing)에는 가열시공식, 상온시공식, 특수성 형시공식이 있으며, 이에 대한 별도의 명시가 없을 시에는 상온 시공식을 택한다. 주입 줄눈제는 콘크리트 슬래브의 팽창·수축에 순응하고 복원성, 부착성, 내구성, 방수성 및 내온성이 우수한 제품이어야 한다. 주입 줄눈재의 품질 기준, 시험, 취급 및 시공 방법 등은 제조업자의 제품시방서에 따르되, 감독자는 필요시 품질확인을 위한 시험을 요구할 수 있다.
- (나) 줄눈판(Joint Fillers)은 콘크리트 슬래브의 팽창수축에 순응하고 콘크리트 타설 및 다짐 시 부서지거나 구부러지지 않은 충분한 내구성을 가진 것으로 KS F 2538 규정에 적합한 역청 코르크 계 신축이음 채움재를 사용한다. 줄눈판의 시험은 KS F 2471에 따른다.

(5) 시 공

- 노상의 준비

·노상면은 소정의 형상이 흐트러지지 않도록 평탄하게 마무리하여야 하며, 다짐은 과전압이 되지 않도록 주의하고 우천시 배수를 충분히 고려한다.

【해설】

노상은 포장의 두께를 결정하는 기초가 되는 흙의 부분으로 포장 밑 약 1m의 층을 말한다.

- ① 노상의 재료는 비점성토로서 물을 신속히 지중으로 유도하기 위한 충분한 크기의 투수계수(10^{-3} cm/sec 이상)를 가져야 한다.
- ② 노상의 토질이 점성토이거나 충분한 지지력을 확보하지 못한다고 판단될 경우에는 감독자의 승인을 얻어 치환 등 적절한 대책을 수립, 시행해야 한다.
- ③ 노상이 연약한 경우에는 양질의 재료로 치환하거나 시멘트 또는 석회를 첨가해 개량한 안정처리 공법을 사용하는 것이 좋으며, 경우에 따라서는 노반 두께를 증가시켜야 할 때도 있다. 일반적으로 노상의 지지력은 CBR 3 이상으로 한다.
- ④ 노상의 토질조건 및 배수 조건을 고려하여 동상의 가능성이 있는 지역에는 동상 방지층을 설치하는 것이 바람직하다. 동상의 피해는 배수가 잘 안되는 지역에서 노상이 실트질 성분을 많이 포함하고 있을 때 특히 커진다. 따라서 동상 방지층은 배수가 어려운 지역이나 노상이 실트질을 많이 함유한 경우에는 적극적으로 설치할 필요가 있다. 동상 방지층 재료는 세립분이 없는 입상재료라면 입도에 관계없이 사용할 수 있다.
- ⑤ 배수는 노면 물고임, 포장체의 강도저하, 세굴 등의 측면에서 결코 소홀히 할 수 없는 요소이다. 배수는 강우로 인한 표면수와 인근지역으로부터의 유입수를 도로 측구를 통해 배수구로 보내거나 포장체내로 침투시켜 지하수 또는 암거 등으로 유출시키는 것을 포함한다.
- ⑥ 투수성 콘크리트 포장에서의 배수시설은 자전거도로 및 보도에서는 그 활용성이 미비하지만 광장 및 주차장에서는 구역별로 배수 계획을 수립하여 집중호우시를 대비하여야 한다. 특히 주차장, 광장 등 폭이 5m 이상되는 넓은 장소는 유공관부설 등 별도의 배

수계획을 수립하여야 한다.

- ⑦ 노상면은 공사를 시행하기 전에 먼저, 진흙, 기타의 잡물을 제거하고 깨끗이 청소한 후 감독자의 검사를 받아야 한다.

- 휠터총

·노상토가 노반으로 침투하는 것을 방지하며, 미세 입도의 불순물이 노상에 침투하여 연약화시키는 것을 방지하고, 노반에 미치는 하중을 등분포로 노상에 전달할 목적으로 모래총을 설치하여야 한다.

【해설】

모래총은 설계도에 명시된 두께로 균일하게 포설하며, 포설시 노상면을 긁거나 훼손하여 노상토가 섞이는 일이 없도록 주의하여야 한다. 또한 휠터총은 균일하게 인력, 도우저 또는 모터그레이드 등으로 포설하고 정형한다. 노상이 약한 경우 노반재(기총)를 깔고 동시에 전압해도 되며, 노상토와 섞이지 않도록 포설하고, 다짐은 로울러나 콤팩터 등을 사용한다.

- 기총

·기총재료는 설계도에 명시된 두께로 균일하게 포설하며, 포설 중 하부층이 흐트러지지 않도록 주의하여야 한다. 재료분리는 투수기능을 크게 저하시키므로 재료분리된 부분은 긁어일으켜 소정의 입도가 되도록 혼합한 후 재포설하여야 한다.

【해설】

기총은 표층을 지지하며 하중을 분산하고 표층시공을 위한 작업대 역할 제공 및 균등하고 영구적인 지지력을 제공하여야 한다. 1층 이상의 다져진 입상재료 또는 안정 처리 재료층으로 구성되며, 노상 반력 계수 증대와 동결작용에 의한 손상도 극소화되어야 한다. 기총 재료는 막 부순돌(크리셔런), 입도조정쇄석, 재생 콘크리트 등 다양하게 사용할 수 있다. 그리고, 기총다짐 기준은 일반 자전거도로의 경우 수정 CBR 20으로 하며, 차량통행이 예상되는 경우 수정 CBR

30으로 한다. 노반 시공시에는 노상을 흐트러뜨리지 않도록 다짐 작업시 시공기계의 선정 및 시공방법의 측면에서 주의할 필요가 있다. 기층의 다짐은 소형롤러 및 콤팩터 등으로 KS F 2312에 의한 시험실 최대건조밀도의 95% 이상이 되도록 충분히 다져야 한다.

- 표 층

·투수콘크리트는 덤프트럭으로 운반하되 혼합물의 수분 증발 및 이 물질 혼합을 방지하기 위해 덮개를 설치하여야 한다. 현장에서의 다짐과 포설시에는 포설전 기층 상태, 포설장비, 포설작업, 다짐방법, 다짐장비, 작업시간 등을 고려하여 공사를 시행하도록 하여야 한다.

【해설】

- ① 포설전에 기층면과 경계석 등 자재와 접하는 면을 습윤상태가 되도록 충분히 살수하여야 한다.
- ② 포설장비는 명시된 설계폭으로 시공이 가능한 피니셔를 사용하며, 코너부위 또는 구조물 주변 등 피니셔 작업이 용이하지 않은 곳에서는 인력으로 포설할 수 있다.
- ③ 포설작업은 신속하게 실시하고 재료분리가 생기지 않도록 주의하여야 한다.
- ④ 포설이 끝나면 롤러 또는 콤팩터 등으로 다짐을 실시하여야 한다. 다짐은 시험실에서 제작된 시료의 밀도 이상으로 다지되 과다한 다짐으로 인해 투수성이 저하되지 않도록 하여야 한다.
- ⑤ 시공이음부의 전압시 기 포설면이 다짐장비로 전압될 경우, 경화 중인 콘크리트의 강도가 저하될 수 있으므로 주의하여야 한다. 또한, 표층의 평탄성과 치밀성을 위해 핸드로울러, 콤팩터 등의 사용으로 2~8회 전압한다(작업시 포설조와 마무리조와의 간격이 벌어지지 않도록 주의하여 시공하여야 한다).
- ⑥ 다짐장비로 시공이 불가능한 구조물 주변 등은 다짐철판을 이용하여 인력으로 충분히 다진다.
- ⑦ 혼합물의 운반으로부터 포설, 다짐 등 모든 작업은 90분 이내에 완료하여야 한다.

- 줄 눈

·줄눈 자르기는 초기 균열을 사전에 유도할 수 있도록 콘크리트 표면이 손상되지 않는 범위 내에서 가능한 빠른 시간 내에 실시하여야 하며, 줄눈재 주입시기, 줄눈재 삽입 등을 고려하여 공사를 시행하여야 한다.

【해설】

- ① 줄눈은 절단기를 사용하여 일직선이 되도록 자르며, 컷팅 모서리 부가 깨지지 않도록 주의하여야 한다.
- ② 줄눈재의 주입은 콘크리트 경화시 발생되는 알칼리 성분이 없어지는 2주 후에 콘크리트가 건조한 상태에서 실시한다.
- ③ 줄눈재 삽입에 앞서 줄눈 자르기시 발생된 먼지 또는 외부로부터 침입한 토사 등은 압력공기를 이용하여 제거해야 한다.
- ④ 백업재는 삽입깊이가 동일하게 유지될 수 있도록 하고 줄눈폭 보다 25~35%정도 두꺼운 것을 사용하여야 한다.
- ⑤ 줄눈재의 주입높이는 슬래브 표면보다 2~3mm 낮게 충전하여 하절기 콘크리트 팽창 시 상부로 밀려나오는 것을 방지할 수 있도록 하여야 한다.

- 양 생

·콘크리트의 생명은 시공 후의 양생에 있다고 해도 과언이 아니므로, 양생은 콘크리트 공사에 중대한 최종작업으로 엄중히 시행하여야 한다.

【해설】

- ① 다짐 완료 후 투수 콘크리트가 초기 경화되면 즉시 부직포 등을 물에 적셔 덮어야 하며, 그 상태로 적어도 2일간은 습윤상태를 유지해야 한다.
- ② 양생은 투수 콘크리트 설계기준강도의 80% 이상이 될 때까지 실시하되, 시험에 의하지 않는 경우, 보통 포틀랜드 시멘트는 14일 이상, 조강 시멘트는 7일 이상을 기준으로 한다.

- ③ 양생기간 중에는 충격이나 과도한 하중 또는 진동 등에 의하여 균열이나 기타 손상이 발생하지 않도록 하여야 한다.

- 청 소

·포설 및 다짐작업이 완료되면 포설시 발생한 혼합물 찌꺼기 및 기타 잔여재료를 깨끗이 청소해야 한다.

- 허용오차

·모래층, 기층 및 표층의 경우 두께 및 평탄성이 설계서에서 제시한 방법으로 시공되었는지 검사를 하여야 한다.

【해설】

① 모래층, 기층

(가) 두께

- 모래층의 마무리 두께는 설계두께보다 20% 이상, 기층은 10% 이상 증감이 있어서는 안되며, 두께의 측정은 감독자가 지정하는 위치에 시험파기를 하여 확인한다.

(나) 평탄성

- 평탄성 측정은 3m직선자를 표면에 대어서 측정할 때 최요부의 깊이가 2cm 이상이 되어서는 안 된다. 측정은 이미 측정한 곳에 직선자를 절반 이상 겹쳐서 시행하며, 모래층의 평탄성 측정은 하지 않는다.

② 표층

(가) 두께

- 표층의 완성두께는 설계두께보다 10% 이상 초과하거나 5% 이상 부족해서는 안된다.
- 측정은 10ha당 1개소 이상 실시하되 4개의 코어를 채취한 후, 그 평균치를 구하는 것으로 한다.

(나) 평탄성

- 평탄성 측정은 전 구간에 대하여 실시하며, 3m직선자로 측정시 최요부의 깊이가 5mm 이내이어야 한다.
- 폭이 좁은 보도나 자전거도로의 경우 횡방향 측정은 하지 않으며,

종방향에 대해 이미 측정한 곳에 직선자를 절반 이상 겹쳐서 실시한다.

- 현장품질관리

·투수성 콘크리트는 보도, 구획가로, 광장, 주차장 등의 경포장을 대상으로 하므로 일반적으로 포장 두께가 얕고, 공사도 단기간에 끝나는 수가 많다. 따라서 필요 없이 품질관리시험의 빈도를 많게 하는 것은 오히려 작업에 방해가 되므로 관리시험은 시공초기에 집중적으로 한다. 시공 후에는 수정이 어렵기 때문에 처음부터 확실한 품질을 관리하여야 한다.

【해설】

- ① 골재 및 콘크리트의 시료는 재료관리의 적정성 및 콘크리트의 배합, 비비기, 콘크리트의 적정성을 판정하기 위하여 채취한다.

표 4.30 투수성 콘크리트의 현장품질 시험

구 분	시 험 항 목	시 험 방 법	시 험 빈 도
모래층	75 μm 체 통과량	KS F 2511	1) 공구마다 1회 이상
	두께	시험파 KS F 기	1) 1일 1회 이상
기 층	액성한계	KS F 2303	1) 공구마다 1회 이상
	소성한계	KS F 2304	
	입도	KS F 2502	2) 재질변화시마다
	다짐	KS F 2312	
	현장밀도	KS F 2311	1) 500m ³ 마다 1회 이상
	두께	시 험 파 기	1) 1일 1회 이상
	평탄성	3m 직선자	1) 전구간
표 층	슬럼프	KS F 2402	1) 배합이 다를 때마다
	압축강도	KS F 2405	2) 150m ³ 마다
	투수계수	현장투수시험기	1) 30a마다 1개소 이상
	두께	KS F 2367	1) 10a마다 1개소 이상
	평탄성	3m 직선자	1) 전구간상

② 허용오차를 벗어났거나 표층의 표면이 불균일한 곳, 균열이 간 곳 등은 시방 요구조건에 맞도록 제거하고 새로운 재료로 재시공하여야 한다. 또한 시험을 위해 채취한 코어의 구멍은 동일 색상의 투수 콘크리트로 정성들여 되메워야 한다.

(6) 유지 관리

- 침투능력 확인

·준공에 있어서 몇 개의 시설을 선정하여 주입시험을 실시하여 침투 능력을 확인하도록 한다.

【해설】

현장 투수시험기에서 변수위법으로 측정하며, 시험은 KS F 2322에 따른다. 기능의 확인은 표충재의 투수능력 확인으로 대신한다.

- 유지관리

·점검내용은 기능점검과 안전점검으로 분리할 수 있으며, 점검시에는 각각의 점검항목에 맞게 실시하여야 한다. 시설 유지관리의 경우 지형, 외부의 영향, 파손, 배수능력 부족 등의 영향인자에 대해서도 고려하여야 한다.

【해설】

투수성 시멘트 콘크리트의 경우 포장함몰, 침하, 막힘 상황, 토사의 퇴적, 기타 등에 대해서 유심히 살펴보아야 한다. 또한 장기간 사용시에는 투수 시멘트 콘크리트의 표충내 공극을 토립자가 막을 수도 있으므로 전용고압세정기의 사용, 세척 후 Bock Sink를 하거나, 압축공기를 불어넣는 방법 등을 활용한다.

표 4.31 투수 콘크리트의 점검표()

점 검 일 시	년 월 일	점검자 성명		책임자인	
점 검 장 소		응급처치	유	무	
총괄점검평가	응급처치 필요	경과관찰 필요		이상 없음	
점검결과					
투수콘크리트	외 견	함몰, 침하, 막힘 상황, 토사의 퇴적, 기타()			
필요한 조치, 강구된 조치 등					

4.4.5 투수 아스팔트 콘크리트 포장

(1) 개요

본 장은 침투시설중 하나인 투수 아스팔트 콘크리트 포장 설치에 따른 일반사항, 재료, 시공에 필요한 표준적인 방법을 정한 것이다.

【해설】

아스팔트 콘크리트 내부에 공극을 형성토록 하여 물이 포장체속을 투과, 노반에 흡수되게 하는 투수 아스팔트 콘크리트 포장(이하, “투수 아스콘”이라 한다)의 설계, 시공 및 유지관리에 관한 기준을 규정한다.

(2) 설계요구사항

투수 아스콘 포장시에는 다음과 같은 항목을 고려하여야 한다.

- (1) 포장 두께
- (2) 경사

【해설】

- 투수 아스콘 포장은 모래층, 기층, 투수 아스콘층의 순으로 구성되며, 각각의 두께는 다음과 같다.
 - ① 모래층 : 3cm
 - ② 기층 : 10cm(적재량 4톤 이하의 소형차량 진입시 15cm)
 - ③ 투수 아스콘층 : 5cm
- 투수 아스콘 포장 설치시 횡단경사는 표면배수처리가 가능한 방향으로 2%의 횡단경사를 유지하여야 한다. 도로와 접한 보도의 종단경사는 도로경사와 동일하게 적용하며, 녹지 등에 설치하는 경우에는 최대 12%를 초과하지 않도록 하여야 한다.

(3) 구성요소

- 모래층

·모래는 입상상태의 자연모래를 사용하며, 0.08mm(No.200)체 통과 량이 6% 이하인 모래를 사용하며, 모래층의 투수계수는 $1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ 이상을 사용하는 것이 좋으며, 시험은 KS F 2322에 따른다.

【해설】

모래는 필터역할을 하며, 빗물이 흙속에 침투할 때 연약한 노상토 가 보조기층이나 기층속으로 침입하는 것을 방지한다.

- 기 층

·기층재료는 입도, 마모감량, 소성지수, 수정 CBR, 투수계수 등을 고려하여 사용하여야 한다.

【해설】

① 기층재료는 KS F 2525의 크러셔런 C-20 규정에 적합한 도로용 부순돌로서 골재의 입도는 다음의 입도 범위 내에 있어야 한다.

표 4.32 기층재료의 입도범위

종 류	체를 통과하는 것의 무게백분율(%)				
	26.5mm	19mm	13.2mm	4.75mm	2.36mm
크러셔런 C-20	100	95 ~ 100	80 ~ 90	20 ~ 50	10 ~ 35

② 기층재료의 품질은 다음 규정에 적합한 것이어야 한다.

표 4.33 기층재료의 품질 범위

구 분	시험방법	규 정
마모감량	KS F 2508	40% 이하
소성지수	KS F 2303, KS F 2304	6 이하
수정 CBR	KS F 2320	20% 이상
투수계수	KS F 2322	1×10^{-2} cm/sec 이상

- 투수성 아스팔트 혼합물

·아스팔트, 굽은골재, 잔골재, 혼화제, 색소, 배합설계, 마찰시험 기준치, 재료의 온도관리, 기준밀도의 설정 등에 관한 사항을 고려하여 양질의 재료를 사용하여야 한다.

【해설】

- ① 아스팔트는 KS M 2201의 규정에 의한 침입도 [60-70]이나 [85-100]의 포장용 석유 아스팔트를 사용한다.
- ② 굽은 골재는 깨끗하고 내구성 있는 부순돌 또는 부순 자갈을 사용하며, 다음의 품질규정에 적합한 것이어야 한다.

표 4.34 굽은 골재의 품질규정

항 목	시 험 방 법	규 정
비 중	KS F 2503	2.45 이상
흡 수 율	KS F 2503	3.0% 이하
마 모 율	KS F 2508	30% 이하

- ③ 잔골재는 입상상태의 자연모래나 부순돌을 생산할 때에 얻어지는 스크리닝스(Screenings)를 사용하며, 진흙이나 먼지 등의 유해물을 함유하지 않은 것이어야 한다.
- ④ 혼화제는 아스팔트와 화학적으로 결합이 가능하여야 한다.
- ⑤ 배합설계

(가) 골재의 입도

골재의 입도는 KS F 2502에 의한 체가름 시험결과, 다음의 입도범위를 만족해야 한다.

표 4.35 골재의 입도 범위

공 청 치 수	19mm m	13.2m m	4.75m m	2.36m m	300 μm	75 μm
통과증량 백분율(%)	100	95 ~ 100	20 ~ 36	12 ~ 25	5 ~ 13	3 ~ 6

(나) 아스팔트량

아스팔트량은 혼합물 전체무게에 대한 아스팔트의 비율이 3.5 ~ 5.5% 범위 내에 있어야 하며, 마샬시험 결과에 따라 결정된 설계 아스팔트량 범위의 중앙값을 기준으로 한다.

(다) 혼화제 및 색소는 제조업자의 제품시방서에 따라 사용량을 결정한다.

⑥ 마샬시험 기준치

투수 아스콘 혼합물은 KS F 2337 및 KS F 2322에 의한 시험결과가 다음 기준을 만족하여야 하며, 이때의 공시체 다짐횟수는 양면 각각 50회로 한다.

표 4.36 투수 아스콘 혼합물의 마샬시험 기준치

항 목	안정도 (kg)	흐름치 (1/100cm)	공극율 (%)	포화도 (%)	투수계수 (cm/sec)
규정치	300 이상	20 ~ 40	9 ~ 12	40 ~ 55	1.0×10^{-2} 이상

⑦ 재료의 온도관리

(가) 투수 아스콘의 혼합온도는 아스팔트의 세이볼트 휴롤 점도 (Saybolt Fourol viscosity)가 75 ~ 105 초일 때의 온도범위 중에서 선택한다.

(나) 아스팔트의 가열온도는 ①항의 혼합온도를 표준으로 하며, 18

0°C를 넘어서는 안 된다.

⑧ 기준밀도의 설정

(가) 기준밀도는 동일 배합설계에 의해 생산되는 혼합물로부터 오전, 오후 각각 3개의 마샬공 시체를 제작하고, 다음 식으로 구한 마샬공시체의 밀도 평균치를 기준밀도로 한다.

(나)

밀도(g/cm³) =

$$\frac{\text{건조 공시체의 공기중 중량}(g)}{\text{공시체의 표면건조중량}(g) - \text{공시체의 수중중량}(g)} \times \text{상온의 물의 밀도}(g/cm^3)$$

(다) 기준밀도 설정에 따른 시험은 감독자 입회하에 시행하여야 하며, 공시체의 시료는 1배치(Batch)의 대표가 되도록 채취하고 정해진 온도에서 다짐이 되도록 주의하여야 한다.

(라) 기준밀도는 다짐도의 합격, 불합격의 판정기준이 되므로 수급인은 기준밀도 시험보고서를 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.

(4) 시 공

- 노상의 준비

·노상면은 소정의 형상이 흐트러지지 않도록 평탄하게 마무리하여야 하며, 다짐은 과전압이 되지 않도록 주의하고 우천시 배수를 충분히 고려한다.

【해설】

- ① 노상 재료는 비점성토로서 물을 신속히 지중으로 유도하기 위한 충분한 크기의 투수계수(1.0×10^{-4} cm/sec 이상)를 가져야 한다.
- ② 노상의 토질이 점성토이거나 충분한 지지력을 확보하지 못한다고 판단될 경우에는 감독자의 승인을 얻어 노상의 치환 등 적절한 대책을 수립 시행하여야 한다.
- ③ 노상면은 공사를 시행하기 전에 먼지, 진흙, 기타의 잡물을 제거하고 깨끗이 청소한 후 감독자의 검사를 받아야 한다.

- 모래총

·노상토가 노반으로 침투하는 것을 방지하며, 미세 입도의 불순물이 노상에 침투하여 연약화시키는 것을 방지하고, 노반에 미치는 하중을 등분포로 노상에 전달할 목적으로 설치하여야 한다.

【해설】

- ① 모래총은 설계도에 명시된 두께로 균일하게 포설하며, 포설작업시 노상면을 긁거나 훼손하여 노상토가 섞이지 않도록 주의해야 한다.
- ② 포설된 모래총은 소형롤러 및 콤팩터 등으로 다져야 한다.

- 기 층

·기층재료는 설계도에 명시된 두께로 균일하게 포설하며, 포설 중 하부층이 흐트러지지 않도록 주의하여야 한다.

【해설】

- ① 재료 분리는 투수기능을 크게 저하시키므로 포설 중에 재료분리 된 부분은 긁어일으켜 소정의 입도가 되도록 혼합한 후 재포설하여야 한다.
- ② 기층의 다짐은 소형롤러 또는 콤팩터 등으로 KS F 2312에 의한 시험실 최대건조밀도의 95% 이상이 되도록 충분히 다져야 한다.

- 표 층

·표층 설계는 혼합물의 운반, 포설, 다짐 및 이음, 교통 개방, 청소 등의 순으로 구성되어진다.

【해설】

- ① 혼합물의 운반 : 혼합물은 깨끗하고 평활한 적재함을 가진 트럭으로 운반하며, 겨울철 시공이나 장거리 운반이 부득이한 경우에는 혼합물의 온도저하를 막기 위해 보온재나 천막 등으로 표면을 덮어야 한다.
- ② 포설

- (가) 포설에 앞서 기층면은 깨끗이 청소하여야 하며, 프라임 코팅은 하지 않는다.
- (나) 경계블록은 포설 전 혼합물의 색소로 인해 오염되지 않도록 P.E 필름, 마스킹테이프 등으로 표면을 덮어야 한다.
- (다) 포설장비는 사전에 감독자의 승인을 받아야 하며, 명시된 설계폭으로 시공이 가능한 스크리이드를 가진 것이어야 한다.
- (라) 혼합물의 포설은 재료분리가 일어나지 않도록 하고 소정의 단면 및 경사가 유지되도록 균일하게 포설하며, 포설시 혼합물의 온도는 120℃ 이상이 되도록 한다.
- (마) 기계포설이 불가능한 구간은 인력포설을 허용하되, 인력포설 시에는 혼합물의 온도가 내려가기 전에 신속하게 포설 완료하여야 하며, 재료분리가 생기지 않도록 주의하여야 한다.
- (바) 피니셔에 의해 포설된 포장면을 인력으로 수정할 경우에는 표면조직이 변하고 균일한 마무리면이 되지 않으므로 주의하여야 한다.

③ 다짐 및 이음

- (가) 가열 혼합물은 포설 후 기준밀도에 대하여 최소 90%의 밀도가 얻어지도록 충분히 다져야 한다.
- (나) 초기전압은 포설이 끝나는 즉시 실시하며, 소형 탄템롤러 또는 핸드롤러를 사용하여 전체적으로 균일하게 전압을 하여야 한다.
- (다) 2차 전압은 초기전압에 연이어 실시하며, 소형 타이어롤러나 핸드롤러를 사용하여 긴구간을 연속적으로 다지면서 평탄성을 확보할 수 있도록 한다.
- (라) 모든 이음의 위치는 사전에 감독자의 승인을 받아야 하며, 폭이 좁은 보도나 자전거도로의 경우 세로이음은 허용치 않는다.
- (마) 시공 종료 시나 부득이 작업을 중단할 때는 횡단방향으로 미리 거푸집을 설치하여 규정된 높이로 마무리하여야 하며, 그렇지 못한 경우에는 소정의 두께가 확보되어 있는 곳에서 카터기를 이용, 전폭에 걸쳐 수직으로 잘라내고 새 혼합물을 접

속시켜야 한다.

④ 교통의 개방

다짐이 완료된 포장은 표면의 온도가 40°C 이하로 충분히 식을 때 까지 일체의 통행 및 교통을 개방해서는 안되며, 이를 위해 수급인은 차단기 등 적절한 보호시설을 설치해야 한다.

⑤ 청소

시공이 완료되면 포설시 발생한 혼합물 찌꺼기나 잉여재료를 깨끗이 청소한다.

- 허용오차

·모래층, 기층 및 표층의 경우 두께 및 평탄성이 설계서에서 제시한 방법으로 시공되었는지 검사를 하여야 한다.

【해설】

① 모래층, 기층

(가) 두께 : 모래층의 마무리 두께는 설계 두께보다 20% 이상, 기층은 10% 이상 증감이 있어서는 안 되며, 두께의 측정은 감독자가 지정하는 위치에 시험파기를 하거나 경계블록의 상단 고를 기준으로 상하의 높이차로 구한다.

(나) 평탄성 : 3m 직선자를 표면에 대어서 측정할 때 가장 오목한 곳의 깊이가 2cm 이상이 되어서는 안되며, 측정은 이미 측정한 곳에 직선자를 절반 이상 겹쳐서 시행한다.

② 표층

(가) 표층의 완성두께는 설계두께보다 10% 이상 초과하거나 5% 이상 부족해서는 안 되며, 측정은 10ha당 1개소 이상 실시하여 주위에 4개의 코어를 채취한 후, 그 평균치를 구하는 것으로 한다.

(나) 평탄성 측정은 전구간에 대하여 실시하며, 3m 직선자로 측정 시 가장 오목한 곳의 깊이가 5mm 이내이어야 한다. 폭이 좁은 보도나 자전거도로의 경우 횡방향 측정은 하지 않으며, 종방향에 대해 이미 측정한 곳에 직선자를 절반 이상 겹쳐서 실시한다.

(다) 아스팔트 함량은 설계 아스팔트량 범위의 중앙값에 대해 0.5% 이상 초과하거나 0.5% 이상 부족해서는 안 된다. 아스팔트 함량에 대한 시험은 동일한 시료를 이용하여 실시하며, 4개의 평균값을 기준으로 한다.

- 현장품질관리

·투수성 아스콘 포장은 시공 후보다는 시공초기에 품질관리시험을 집중적으로 검사하여 처음부터 확실한 품질을 관리하여야 하며, 다음에서 규정하는 시험항목에 대하여 현장품질 시험을 실시하여야 한다.

【해설】

- ① 골재 및 콘크리트의 시료는 재료관리의 적정성 및 콘크리트의 배합, 비비기, 콘크리트의 적정성을 판정하기 위하여 채취한다.
- ② 허용오차를 벗어났거나 표층의 표면이 불균일한 곳, 터지거나 흐트러진 곳, 균열이 간 곳 등은 시방 요구조건에 맞도록 제거하고 새로운 자재로 재시공하여야 한다.
- ③ 아스팔트 함량 및 마살안정도 시험에 불합격한 경우에는 해당 배치의 혼합물이 포설된 전 구간에 대하여 새로운 혼합물로 재시공하여야 한다.

표 4.37 투수 아스콘의 현장품질시험

구 분	시험항목	시험방법	시 험 빈 도	비 고
모래층	75μm체 통과량	KS F 2511	1) 공구마다 1회 이상 2) 재질 변화시마다	
	두께	시 험 파 기	1) 1일 1회 이상	
기 층	액 성 한 계	KS F 2303	1) 공구마다 1회 이상 2) 재질 변화시마다	
	소 성 한 계	KS F 2304		
	입 도	KS F 2502		
	다 짐	KS F 2312		
	현 장 밀 도	KS F 2311	1) 500m ³ 마다 1회 이상	
	두께	시 험 파 기	1) 1일 1회 이상	
	평 탄 성	3m 직선자	1) 전 구간	
표 층	아스팔트 함량	KS F 2354	1) 1일 1회 이상	
	마살 안정도	KS F 2350		
	밀 도	KS F 2353	1) 30a마다 1개소 이상	
	투 수 계 수	현장투수시험 기		
	두께	KS F 2367	1) 10a마다 1개소 이상	
	평 탄 성	3m 직선자	1) 전 구간	

(5) 유지관리

- 침투능력 확인

·준공에 있어서 몇 개의 시설을 선정하여 주입시험을 실시하여 침투 능력을 확인하도록 한다.

【해설】

현장투수시험기에서 변수위법으로 측정하며, 시험은 KS F 2322에 따른다. 기능의 확인은 표층재의 투수능력으로 실시한다.

- 유지관리

·점검내용은 기능점검과 안전점검으로 분리할 수 있으며, 점검시에는 각각의 점검항목에 맞게 실시하여야 한다. 시설 유지관리의 경우 지형, 외부의 영향, 파손, 배수능력 부족 등의 영향인자에 대해서도 고려하여야 한다.

【해설】

투수 아스콘 포장의 경우 포장함몰, 침하, 막힘 상황, 토사의 퇴적, 기타 등에 대해서 유심히 살펴보아야 한다. 또한 장기간 사용 시에는 투수 시멘트 콘크리트의 표층내 공극을 토립자가 막을 수도 있으므로 전용고압세정기의 사용, 세척 후 Block Sink를 하거나, 압축공기를 불어넣는 방법 등을 활용한다.

표 4.38 투수 아스콘의 점검표()

점 검 일 시	년 월 일	점검자 성명		책임자인	
점 검 장 소		응급처치		유	무
총괄점검평가	응급처치필요	경과관찰 필요		이상 없음	
점검결과					
투수 아스콘	외 견	함몰, 침하, 막힘 상황, 토사의 퇴적, 기타()			
필요한 조치, 강구된 조치 등					

4.4.6 투수성 보도블록

(1) 개요

·본 장은 침투시설중 하나인 투수성 보도블록 설치에 따른 일반사항, 재료, 시공에 필요한 표준적인 방법을 정한 것이다.

【해설】

보도, 차도, 광장 및 건물주변 등에 설치하는 투수성 보도블럭에 대한 설계, 시공, 유지관리 등에 대한 기준을 규정한다.

(2) 설계요구사항

·투수성 보도블럭 설치시에는 다음과 같은 항목을 고려하여야 한다.

- (1) 포장의 두께
- (2) 경사
- (3) 색상
- (4) 모양

【해설】

- 포장은 보조기층과 모래 안정층으로 구성되며, 포장 각 층의 두께는 다음과 같다.

- ① 블록 두께 : 6cm(적재량 4톤 이하의 소형차량이 진입하는 경우 8cm)
- ② 모래층 두께 : 3cm
- ③ 보조기층 두께 : 10cm(적재량 4톤 이하의 소형차량이 진입하는 경우 15cm)

- 차도와 접한 보도포장의 횡단경사는 차도측으로 2%의 편경사를 유지하여야 하며, 차도와 접하지 않은 구간은 토사측구나 기타 배수시설이 되어있는 방향으로 2%의 경사를 유지하여야 한다. 차도와 접한 보도포장의 종단경사는 도로의 종단경사와 동일하게 시공하며, 산책로 등에서 최대 종단경사는 12%까지로 한다. 12%이상으로 설치하여야 할 경우에는 감독자의 승인을 얻어 적당한 구간에 계단 등을 설치하여야 한다.

- 투수성 보도블록의 색상은 설계도에 따르되, 별도의 명시가 없는 경우에는 감독자의 지시에 따라야 한다.
- 블록의 모양은 아래 그림과 같으며, 블록의 치수는 제품 설계 도면 치수를 적용하여 판정한다.
 - ① S블록의 가로 치수는 양변의 중앙점을 연결한 직선 거리이고, 세로 치수는 가로 치수의 중앙점에서 수직으로 연장한 직선거리이다.
 - ② 모폐기를 한 블록인 경우는 양면의 모폐기를 하지 않는 부분 거리이다.

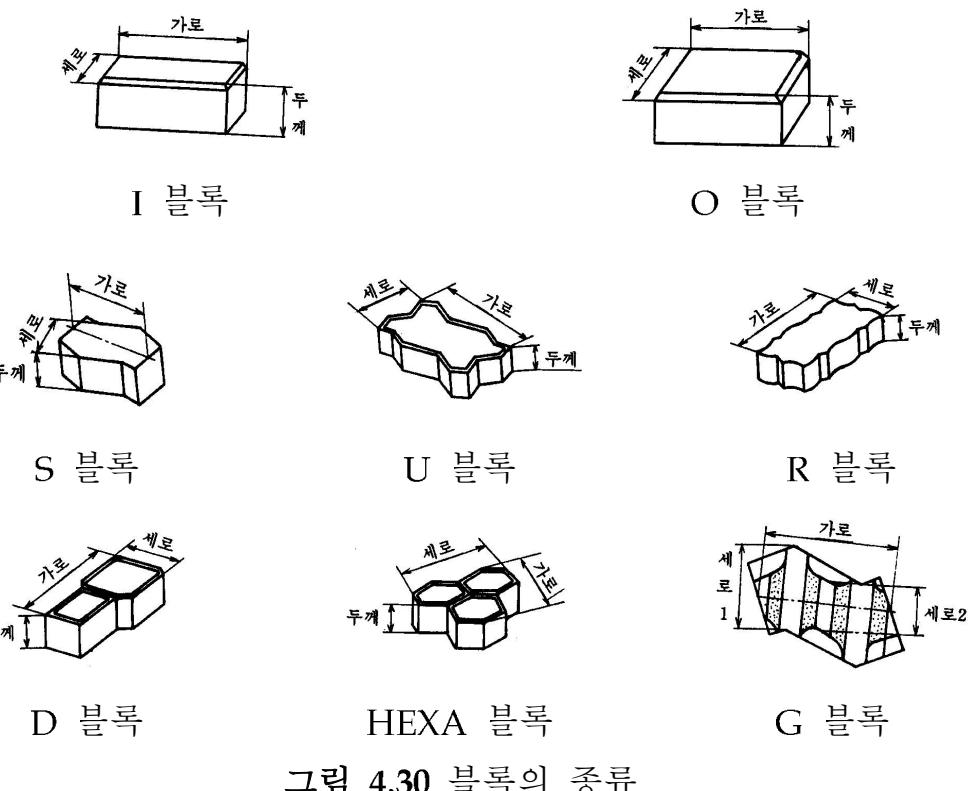


그림 4.30 블록의 종류

(3) 환경조건

·투수성 보도블럭 시공시에는 작업환경의 기온, 강우 등 기상조건에 의해 손상을 받을 수 있으므로 이에 대해서 유의하여야 한다.

【해설】

- 노상이 동결된 경우에는 포장을 해서는 안 된다.
- 모래층 및 보조기층의 시공은 기온이 1.5°C 이상일 때만 시행할 수 있다. 기온이 1.5°C 이하로 내려가면 완성된 각층은 동해에 의한 피해를 막을 수 있도록 승인된 방법으로 보호되어야 한다.
- 투수성 보도블록은 5°C 이하이거나 30°C 이상인 경우에는 시공해서는 안 된다.
- 시공 중 비가 오면 즉시 작업을 중단하여야 하며, 기온의 저하, 강우 등 기상조건에 의해 손상을 입은 부분은 명시된 시방규정에 맞도록 수급인 비용으로 제거되고 재시공되어야 한다.

(4) 구성요소

- 모래

·모래는 9.5mm체를 100% 통과하고 4.75mm(No.4)체를 거의 다 통과하며, $75\mu\text{m}$ (No.200)체에 거의 다 남는 입상상태의 자연모래나 인공처리된 모래를 사용하여야 한다.

【해설】

- ① 줄눈채움 모래는 2mm(No.10)체를 100% 통과하는 깨끗한 모래를 사용한다.
- ② 모래는 조개껍질, 점토덩어리 등의 유해물을 포함해서는 안되며, 소성이 있는 세립분을 함유하지 않아야 한다.

- 보조기층재

·보조기층재료의 일반사항, 입도, 품질 기준 등을 다음의 기준에 따라 시공하여야 한다.

【해설】

- ① 골재는 내구성있는 부순 돌, 자갈, 모래, 슬래그, 기타 감독자의 승인을 받은 재료의 혼합물로서 점토덩어리, 유기물, 먼지 등의 유해물을 함유해서는 안 된다.

② 보조기층의 입도기준은 아래 표와 같으며, 입경이 큰 보조기층 재료는 시공관리가 어려우므로 최대 입경을 50mm 이하로 하는 것이 바람직하나 현지 골재 사정상 불가피한 경우에는 감독자의 승인을 얻어, 1층 시공두께가 20cm이상인 경우 100mm까지 허용할 수 있다.

표 4.39 보조기층의 입도기준

입도번호	통과 중량 백분율(%)							
	75mm	53mm	37.5mm	19mm	4.75mm	2.0mm	425 μm	75 μm
SB-1	100	-	70 ~ 10 0	50 ~ 90	30 ~ 65	20 ~ 5 5	5 ~ 25	2 ~ 10
SB-2	-	100	80 ~ 10 0	55 ~ 10 0	30 ~ 70	20 ~ 5 5	5 ~ 30	2 ~ 10

③ 보조기층 재료의 품질은 다음 규정에 적합한 것이어야 한다.

표 4.40 보조기층 재료의 품질

구분	시험방법	규정	비고
마모감량	KS F 2508	50%이하	
소성지수	KS F 2303, KS F 2304	6이하	
수정CBR	KS F 2320	30 이상	
모래당량	KS F 2340	25% 이상	

- 자재의 품질시험

·자재의 품질은 흠강도, 흡수율, 유색층의 두께, 치수, 겉모양 등의 항목에 따라 이루어져야 한다.

【해설】

투수성 보도블록의 품질시험은 다음 규정에 따라 실시한다.

표 4.41 투수성 보도블록의 품질시험

시험 종 목	시험 방법	시험 빈도	비 고
휨강도, 흡수율, 유색층의 두께	KS F 4419	·50,000개마다 5개 ·50,000개 이상 ~ 500,000개 미만 : 10개 ·500,000개 이상 : 5개씩 추가	
치 수	KS F 4419	·50,000개마다 5개 ·50,000개 이상 ~ 500,000개 미만 : 10개 ·500,000개 이상 : 5개씩 추가	현장시험
겉 모 양	KS F 4419	전 수 량	현장시험

- 투수 콘크리트

·투수콘크리트는 시멘트, 굵은골재, 잔골재, 물, 혼화제, 안료, 배합 설계 등에 관한 사항을 고려하여 양질의 재료를 사용하여야 한다.

【해설】

- ① 시멘트는 KS L 5201(포틀랜드 시멘트)의 규격에 의한 보통 포틀랜드 시멘트이어야 하며, 같은 공사구간 내에서는 동일상표, 동일 공장 제품이어야 한다. 또한 기상 및 시공조건에 의해 조강 또는 중용열 포틀랜트 시멘트를 사용하고자 할 경우는 사전에 감독자의 승인을 받아야 한다.
- ② 굵은 골재는 깨끗하고 내구성이 있고, 먼지, 흙, 유기불순물 등의 유해물을 함유하지 않는 부순들 또는 부순 자갈을 사용하며, 다음의 품질규정에 적합한 것이어야 한다.

표 4.42 굵은 골재의 품질규정

항 목	시험방법	규정
비 중	KS F 2503	2.5 이상
흡 수 율	KS F 2503	3% 이하
마 모 율	KS F 2508	35% 이하
안 정 성	KS F 2507	Na_2SO_4 12% 이하

- ③ 잔골재는 깨끗하고 강하며 유기불순물, 염분 등의 유해한 물질이 혼입되지 않는 강모래 또는 부순 모래를 사용하여 다음의 품질규정에 적합한 것이어야 한다.

표 4.43 잔골재의 품질 규정

항 목	시험방법	규정
비 중	KS F 2504	2.5 이상
흡 수 율	KS F 2504	3% 이하
염 분 함 량	KS F 2515	0.04% 이하
안 정 성	KS F 2507	Na_2SO_4 10% 이하

- ④ 투수 콘크리트에 사용하는 물은 먹는 물 수질기준에 적합한 것으로 콘크리트에 유해한 불순물을 함유하지 않아야 한다.
 ⑤ 혼화제는 일반 콘크리트 포장에서 사용되는 혼화제를 모두 사용할 수 있으며, 혼화제의 품질은 KS F 2560(콘크리트용 화학 혼화제) 및 KS L 5405(Fly Ash) 규정에 적합한 것이어야 한다.
 ⑥ 안료는 기상변화에 대한 내후성이 우수하며, 색상의 변화가 적고 환경적으로 무해한 것이어야 한다.
 ⑦ 배합설계
 (가) 투수 콘크리트의 규격 및 품질

표 4.44 투수 콘크리트의 규격 및 품질

항 목	설계기준강도 (재령 28 일 압축강도)	굵은골재 최대치수	슬럼프	공극율	투수계수
규 정	180 kg/cm ²	19mm	0 ~ 5cm	8% 이상	1.0×10^{-2} cm/sec 이상

- (나) 골재의 합성입도는 제품별 특성에 따라 제조업자의 시방서에서 규정하는 범위를 만족하여야 한다.
- (다) 투수 콘크리트의 배합을 위한 시멘트의 양은 투수 콘크리트 $1m^3$ 당 280kg 이상이어야 한다.
- (라) 색소, 혼화제 및 첨가제의 양은 투수 콘크리트 제조업자의 시방서에 따라 사용량을 결정한다.

⑧ 줄눈재료

- (가) 주입 줄눈제(Joint Sealing)에는 가열시공식, 상온시공식, 특수성형시공식이 있으며, 이에 대한 별도의 명시가 없을 시에는 상온시공식을 택한다. 주입 줄눈제는 콘크리트 슬래브의 팽창·수축에 순응하고 복원성, 부착성, 내구성, 방수성 및 내온성이 우수한 제품이어야 한다. 주입 줄눈제의 품질 기준, 시험, 취급 및 시공방법 등은 제조업자의 제품시방서에 따르되, 감독자는 필요 시 품질확인을 위한 시험을 요구할 수 있다.
- (나) 줄눈판(joint fillers)은 콘크리트 슬래브의 팽창수축에 순응하고 콘크리트 타설 및 다짐 시 부서지거나 구부러지지 않은 충분한 내구성을 가진 것으로 KS F 2538 규정에 적합한 역청 코르크계 신축이음 채움재를 사용한다. 줄눈판의 시험은 KS F 2471에 따른다.

(5) 제 조

·제조는 제조의 계량, 성형, 양생, 겉모양 검사 등의 순서로 이루어 진다.

【해설】

우수유출저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준

- 재료의 계량은 모두 무게로 한다. 다만, 물 또는 액상의 혼화제는 부피 또는 기타 확실한 방법으로 계량해도 된다.
 - 블록의 성형은 형틀에 막서로 혼합한 투수성 콘크리트를 투입하고 진동 압축기 또는 이와 동등 이상의 품질을 얻을 수 있는 방법으로 한다.
 - 블록의 양생은 제품 출하시에 소요강도를 얻을 수 있도록 해야 한다. 다만, 1차 실내양생은 500도시를 표준으로 한다.
- ① 초기 실내 양생에 상압의 증기 양생을 하는 경우에는 다음 주의가 필요하다.

- a. 시멘트가 응결을 시작하는 시기에 급격한 온도의 변화를 주어서는 안 된다.
- b. 양생실의 온도를 올리거나 내릴 때는 급격한 온도의 변화($20^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ 이내)를 주어서는 안 된다.
- c. 양생실의 최고 온도는 65°C 를 초과하지 않는 편이 좋다.

- ② 양생 및 보존 기간 중에 초기 동해를 받아서는 안 된다.

- 겉모양 검사는 전수에 대하여 하고 해로운 균열 또는 흠 등의 결점이 없어야 한다.

(6) 시공

- 문양예시도 작성

·블록 포장의 문양은 설계도에 따르되 별도의 언급이 없는 경우에는 문양 예시도를 작성하여 감독자의 승인을 받아야 한다.

【해설】

문양은 2~3종의 다양한 색상을 혼용하여 단조로움을 피하고 미관 및 주위환경과 조화를 이룰 수 있도록 선정하여야 한다.

- 경계블록 설치

·경계블록은 보도블록을 포설하기 전에 설치가 완료되어야 한다.

- 기초

·기초는 원지반 조성, 보조기층, 모래층 포설의 단계로 이루어지며, 각 단계에서의 다짐이 중요하다.

【해설】

- ① 블록 포장의 지반면은 설계도에 표시된 종·횡단 형상으로 다듬고 시험실 최대건조밀도의 90% 이상 다짐을 실시해야 한다.
- ② 포설 보조기층은 완성된 원지반 위에 포설하며, 포설 및 다짐은 시험실 최대건조밀도의 95% 이상 다짐을 실시해야 한다.
- ③ 모래는 다짐이 완료된 보조기층 위에 규정된 두께로 포설하고 긴 판자 등을 이용하여 편평하게 고른다. 수평고르기가 끝난 안정층 위로는 차량이나 사람이 통행하지 않도록 하여야 한다.

- 블록 포설

·블록 포설전에 불록마감면의 수평 및 경사유지가 필요하며, 포설중에는 너비와 각도가 정확한지 수시로 점검하여야 한다.

【해설】

- ① 블록 포설에 앞서 블록마감면의 수평 및 경사유지를 위해 겨냥줄을 설치하여야 한다. 겨냥줄은 블록상부 마감면으로부터 2cm 위에 설치하며, 포설이 진행되는 동안 수시로 확인할 수 있도록 옮겨가며 설치한다.
- ② 블록은 겨냥줄을 따라 한줄씩 포설하되 코너나 직선경계에서 시작하여 모래층을 밟지 않는 쪽으로 진행하며, 포설 중에는 너비와 각도가 정확한지 수시로 점검하여야 한다.
- ③ 줄눈은 밀착되고 균일한 간격을 유지해야 하며, 줄눈의 폭은 2mm를 표준으로 한다.
- ④ 불가피하게 1장 미만의 블록으로 설치되어야 할 부분의 폭이 3cm 이상인 경우에는 블록을 콘크리트 절단기(cutter)로 절단하여 포설하고, 3cm 미만일 경우에는 블록색상과 동일한 유색 모르타르를 사용하여 마감하여야 한다. 이때 블록의 절단면은 일정한 선형을 유지하고 깨끗하게 마무리하여야 한다.
- ⑤ 보도의 가각부 등 교차하는 부분의 이음선은 일직선이 되도록 하

고 접하는 부위의 문양은 서로 조화를 이룰 수 있도록 하여야 한다.

- ⑥ 낮춤경계블록이 설치된 부분은 보행자가 불편을 느끼지 않도록 너무 급한 경사는 피하여야 한다.

- 표면다짐 및 청소

·블록 포설이 끝난 이후에는 블록사이의 이음공간이 없도록 쓸어내려야 하며, 평면진동기 등을 이용하여 다짐을 실시하여야 한다.

【해설】

- ① 블록 포설이 끝나면 모래를 표면에 고루 깔고 블록사이의 이음공간에 모래가 완전히 채워질 때까지 빗자루나 솔 등으로 쓸어 넣는다.
- ② 다짐은 평면진동기를 사용하여 3회 이상, 바닥이 평활해질 때까지 다지며, 다짐이 끝난 후 여분의 모래는 깨끗하게 청소하여야 한다.
- ③ 포설전 시험시공을 통하여 다짐 후 침하깊이를 측정하고, 블록 포설 시 여유높이를 정하여 다짐이 끝난 후 블록과 경계블록이 단차가 발생되지 않도록 시공하여야 한다.

- 현장품질관리

·시공 중 또는 유지관리 중 손상을 입었거나 오염된 블록 및 투수성 보도블럭의 투수능력 검색 등을 통하여 품질 관리를 꾀하여야 한다.

【해설】

완성된 블록포장의 표면은 3m 직선자로 측정할 때 가장 오목한 곳의 깊이가 10mm 이내여야 하며(평탄성 측정), 경사 종.횡단 경사는 명시된 경사에 대하여 $\pm 0.4\%$ 범위내에 있어야 한다. 블록의 고저차 블록과 블록, 블록과 경계블록의 고저차는 2mm 이내여야 한다. 상기와 같은 경우 시방 요구조건에 맞도록 수급인 부담으로 수정되어야 한다.

제5장

행정사항

5.1 재검토기간

제5장 행정사항

5.1 재검토기한

- 국민안전처장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2016년 7월 1일을 기준으로 매3년이 되는 시점(매 3년째의 6월 30일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

참고 문헌

1. 개발계획 수립시 투수성보도블록 적용방안, 국립방재교육연구원 방재연구소, NIDP-2008-03-01, 2008.12
2. 개발계획 수립시 침투시설 적용방안, 국립방재교육연구원 방재연구소, NIDP -2009-02-01, 2009.12
3. 재해영향평가 실무 지침서, 소방방재청, 2005. 4
4. 우수유출억제시설의 설치기법 연구(I), 국립방재연구소, NIDP-98-14, 1998. 12
5. 우수유출저감시설의 설치기법 연구(II), 국립방재연구소, NIDP-99-03, 2000. 1
6. 우수유출저감시설 설치기법 연구(III), 국립방재연구소, NIDP-2000-01, 2000.12
7. 우수유출저감시설 설치기법 연구(IV), 국립방재연구소, NIDP-2001-01, 2001.12
8. 우수유출저감시설 설치기법 연구(V), 국립방재연구소, NIDP-2002-01, 2002.12
9. 우수유출저감시설 타당성 조사 및 기본계획 보고서, 서울특별시, 2006.4
10. 하천설계기준·해설, 사단법인 한국수자원학회, 2009
11. 한국화률강우량도, 건설교통부, 2000
12. 방재조절지 설계지침 개발(I), 국립방재연구소, NIDP-97-03, 1997
13. Stormwater management manual, Portland State, 2004
14. (증보개정)우수침투시설기술지침(안) 조사·계획편, (사)우수저류침투기술협회, 2006.9
15. (증보개정)우수침투시설기술지침(안) 구조·시공·유지관리편, (사)우수저류침투기술협회, 2006.9

부 칙

이 고시는 발령한 날부터 시행한다.