제 4 장 지 하 배 수

4.1 일반사항

4.1.1 지하배수시설의 설치목적

(1) 노면수의 지하수위를 저하시켜 포장체의 지지력을 확보하고,

(2) 도로에 근접한 비탈면, 옹벽 등의 손상을 방지하기 위해 설치한다.

4.1.2 지하배수시설의 분류

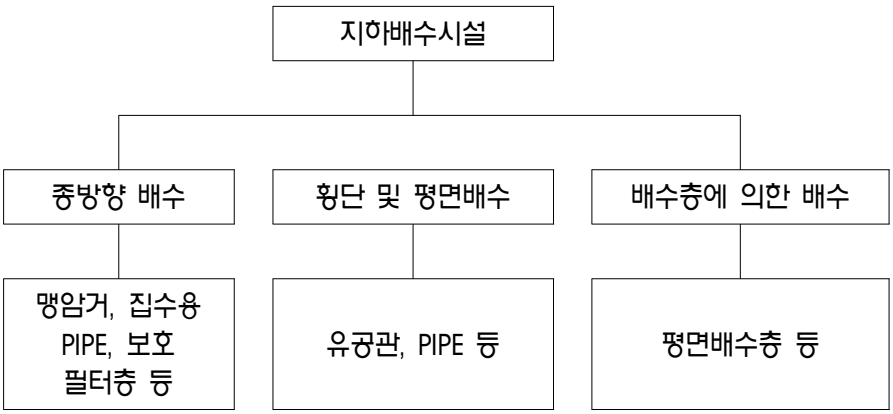
(1) 일반적인 분류

① 처리목적에 따른 지하수원에 의한 분류

② 처리기능에 의한 분류

③ 처리시설의 위치와 형식에 따른 분류

(2) 본 장에서는 처리시설의 위치와 형식에 따라 분류하였다.



<그림 4.1.1> 지하배수시설의 분류

4.1.3 설계 및 해석에 필요한 자료

(1) 유수영역의 지형적 특성

① 도로설계자료

가. 종단경사, 횡단경사(편경사), 포장·길어깨 및 기층·보조기층·동상방지층 자료, 땅깎기·흙쌓기 높이, 땅깎기·흙쌓기 비탈면 경사, 측구 및 노면배수와 관련된 사항들

나. 지하수의 유선장과 유로방향, 유량 등을 판단하는 기초자료가 된다.

다. 도로하부의 지형조건을 파악하여 유사사례로부터 지하배수처리 여부를 예측할 수 있다.

② 지반구조

가. 물의 흐름 발생지역의 환경과 한계 즉, 지하배수영역에 대한 자료가 된다.

나. 지질조사 및 분석을 통해 토층과 불투수층, 지하수위상태, 투수계수 등을 파악 한다.

다. 현재의 지하배수상태를 파악하는데는 우기중 또는 우기직후의 현장조사가 매우 효과적이다.

(가) 건기에 알 수 없는 용출에 대한 자료수집 가능

(나) 간헐적인 침투에 대한 자료수집 가능

라. 해당 지역의 식물생장 환경으로부터 토사와 지하수에 대한 자료를 얻을 수 있다.

(가) 높은 지하수위가 필요한 수목이나 식물이 있는 경우 : 잠재된 지하수위의 판단 근거

(2) 재료의 특성

① 재료의 분류상 특성

가. 지하배수에 영향을 미치는 재료 특성

(가) 입자의 크기

(나) 소성특성(atterberg 한계)

(다) 토사분류(구분) 등

나. 유수영역내의 자연토와 사용재료(포장재, 배수용 필터 등)에 대한 입도분석을 수행하여 자료를 수집한다.

(가) 입도분포분석으로부터 세립토사의 유실 또는 파이핑 방지용 보호필터층 필요 조건을 예측할 수 있다.

(나) 입도분포에 따른 소성한계로부터 흙의 거동특성, 흙의 분류가 가능하다.

다. 일반적으로 흙의 투수성, 모세관 현상, 동결 등은 흙의 특성과 밀접한 관계가 있다.

라. 통일분류법(unified classification)으로 토사를 분류하고 자료를 축적한다.

② 수리학적 특성

가. 지하배수량과 배수시설을 결정할 기초자료로서 특성을 나타내는 대표적인 인자

(가) 투수계수 : k

(나) 유효간극율 : n

(다) 재료의 동결에 대한 민감성 등

나. 투수계수에 영향을 미치는 재료 특성

(가) 입도분포

(나) 간극(건조밀도, 간극비, 간극율)

(다) 토사의 광물학적 특성

(라) 투수성

(마) 포화도 등

(바) 특히 모세관 현상과 배수한계용량(yield capacity)이 투수성을 좌우한다.

다. 투수계수 측정방법

(가) 가장 적합한 방법 : 현장투수시험

(나) 현장투수시험이 어려운 경우 실내시험을 이용하여 측정한다.

(다) 투수계수의 일반적 특성

- 입자 크기가 작은 토사는 투수계수가 작다.
- 입도가 좋은 토사는 균일한 토사보다 투수계수가 작다.
- 밀도의 경우 건조밀도가 높을수록 투수계수가 높게 나타난다.

(3) 기상자료

① 강우

가. 지하수위의 변동은 강우량과 상관관계를 갖는다.

나. 포장체 속으로 침투하는 침투량은 강우강도나 강우빈도보다 강우지속시간에 더 큰 영향을 받는다.

다. 포장체 속으로 침투하는 침투량은 포장체의 균열과 직접적인 관계가 있다.

② 동결심도

가. 동상에 의한 포장파손을 막기 위해 설치하는 차단 배수층 설계의 중요인자로서 중요하다.

나. 관련자료를 참조하여 동결심도를 구한다.

4.2 지하배수시설의 종류

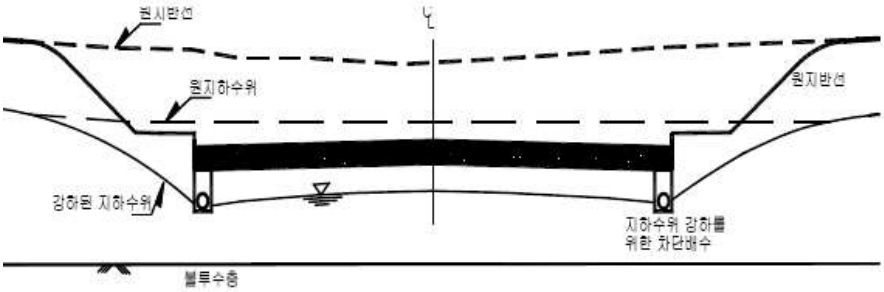
4.2.1 종방향 배수시설

(1) 종방향 배수시설은 노선을 따라 종단방향으로 적당한 깊이, 규격으로 설치되는 배수시설을 말한다.

(2) 지하수위 상승 억제, 지하수 유입차단, 포장층내 침투수 배제 등의 기능을 수행한다.

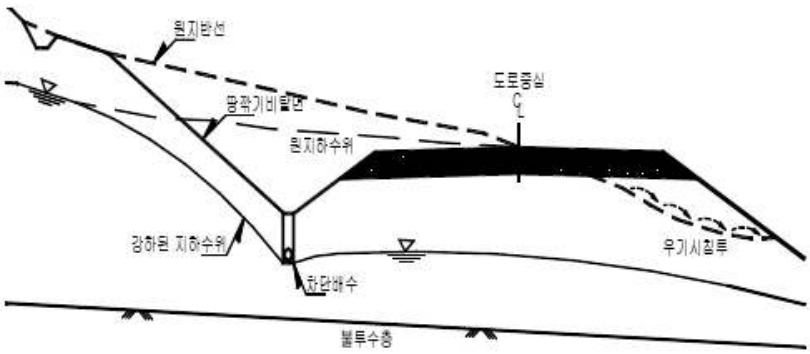
(3) 일반적인 종방향 배수시설

① 종방향 차단 배수



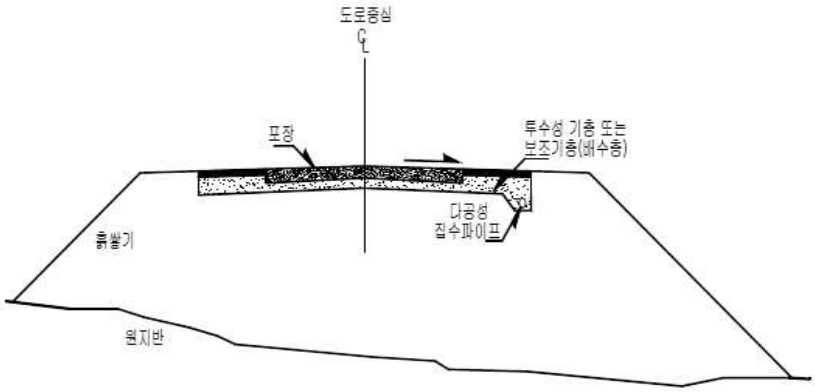
<그림 4.2.1> 종방향 차단 배수

② 지하수위 강하를 위한 대칭형 종방향 배수



<그림 4.2.2> 지하수위 강하를 위한 대칭형 종방향 배수

③ 포장층내 침투수 배제를 위한 종방향 배수



<그림 4.2.3> 포장층내 침투수 배제를 위한 종방향 배수

4.2.2 횡방향 및 평면 배수

(1) 횡방향 지하배수시설

① 포장층내 또는 포장층과 접하여 하부에 도로 중심선과 직각 또는 경사방향으로 설치한다.

② 보통 종방향 배수시설과 조합하여 지하 배수망을 형성한다.

③ 도로가 기존 등고선의 수직방향으로 절토되는 경우

가. 지하수 흐름방향이 도로 선형방향으로 발생된다.

나. 횡방향 배수가 종방향 배수보다 지하수 차단에 더 효과적 기능이 발휘된다.

④ 동결심도가 깊은 지역의 광폭도로의 경우

가. 횡단배수시설이 설치되지 않은 경우 동상(Frost Heaving)이 종종 발생

나. 동상방지층 이 외에 유공관을 포함한 횡방향 배수시설을 설치하는 것이 포장 내구성 증대에 효과적이다.

(2) 평면배수시설

① 지하수 용출을 차단하거나 간극수압을 감소시키기 위해 설치한다.

② 땅깎기·흙깎기 비탈면에 수평으로 구멍을 뚫어 설치하는 파이프로 이루어진다.

③ 외부로 노출된 배수 파이프로 유출되는 유수는 측구를 통해 배수된다.

④ 유량이 많은 경우 비탈면에 소단·집수·도수 시설을 설치하여 측구로 배수한다.

4.2.3 배수층(drainage blanket)

(1) 포장체, 땅깎기 비탈면, 흙쌓기부 원지반 등에 층상으로 설치되는 배수시설이다.

(2) 흙쌓기 지역 하부 및 땅깎기부의 지하수 처리에 매우 효과적이다.

(3) 땅깎기부에 설치되는 배수층

① 종방향 배수로와 연결한다.

② 지하배수는 물론 활동에 저항하여 비탈면 안정에 기여한다.

(4) 흙쌓기부에 설치되는 배수층

① 우기시 원지반의 활동을 방지

② 경사면의 간극수압을 감소시켜 흙쌓기 비탈면 안정에 기여한다.

4.3 지하배수시설의 설계

4.3.1 지하배수구의 기능

(1) 지하배수구는 지하수를 집수하여 외부로 배출하는데 이용된다.

(2) 종방향·횡방향 배수시설은 물론이고 평면배수, 배수층 배수의 집수 및 배수 기능을 갖는다.

(3) 설치시 고려사항

① 종방향 및 횡방향 집수위치와 깊이

② 유공관의 규격과 경사

③ 토사유출 방지 필터

④ 배수구 자체의 규격과 재료 등

4.3.2 지하배수구의 깊이

(1) 배수관의 최소 매설깊이

① 노상의 불량부분에 대한 치환두께와 노상면에서 지하수위를 고려한 계산치 중에서 큰 값으로 한다.

② 이 깊이가 600㎜ 이하일 경우는 600㎜로 한다.

③ 설치 깊이보다도 얕은 위치에 불투수층이 있을 때에는 현장조건을 고려하여 조정한다.

④ 노면이 심하게 한 쪽으로 기울어 있거나 지하수면이 경사져 있을 때에도 현장조건을 고려하여 조정한다.

(2) 지하배수관 최소 매설깊이 산정

① 산정식

$$H = \frac{(S_w - S)B}{200} + h + D_w + h_p \qquad \text{[식 4.3.1]}$$

여기서, H : 배수관의 최소 매설깊이(m)

S_w : 지하수면의 최소경사도

S : 노면의 경사(%)

h : 배수관 부근의 지하수위

B : 배수관의 간격(m)

D_w : 노상에서 지하수위까지의 깊이, 원칙적으로 0.6m로 한다.

h_p : 노면과 노상과의 높이 차(m)

[표 4.3.1] 지하수면의 최소경사 및 수위

흙의 종류	최소 경사도 S_w(%)	지하수위 h(m)
모 래	1	0.05
사질토	2	0.10
점성토	3	0.15

② [식 4.3.1]은 토질조건이 일정하고 지하수위가 전면에 걸쳐 높을 때 적용된다.

③ [표 4.3.1]의 값은 해당지역에서 조사한 자료를 활용하는 것이 바람직하다.

④ 단, 조사자료가 없을 경우 시공중 수위측정을 통해 보완할 수 있도록 시방서 등에 명시한다.

(3) 지하배수구의 배치

① 지하수량이 많거나 지하수위가 높을 경우는 격자형 배치, 화살날개모양 배치, 필터 등을 병용해야 한다.

② 도로의 횡방향으로 설치하는 맹암거는 유공관을 두지 않는 것으로 하며, 도로중심선과 60 ° 의 각도로 설치하는 것을 표준으로 한다.

③ 도로의 종단경사가 완만한 경우 직각으로 설치한다.

④ 격자형 맹암거 상호간격은 점토질 지반의 경우 9m, 사질토 지반의 경우 30m까지 배치할 수 있다.

4.3.3 지하배수구의 구조

(1) 지하배수구의 구성 및 단면 결정

① 유공배수관과 필터재로 구성된 구조를 원칙으로 한다.

② 배수량이 적을 때는 필터재만 사용 가능하다.

③ 배수관 단면의 결정은 지하배수관의 소요 통수단면(A)에 의한다.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{F_s \cdot q \cdot L}{V} \qquad \text{[식 4.3.2]}$$

여기서, Q : 통수유량(㎥/sec)

q : 배수관 1m 당의 배수량(㎥/sec)

L : 유공배수관의 길이(m)

V : 유공관 내의 평균유속(m/sec)

F_s : 안전율, 보통 3으로 한다.

(2) 맹암거의 설치위치

① 땅깎기부의 길어깨

② 편절편성 및 절성경계부

③ 용수다발지역

④ 기타 필요한 곳

(3) 땅깎기부 비탈면에 설치하는 맹암거

① 비탈면에 용수가 있을 때 설치한다.

② 부직포를 사용하지 않는 맹암거로 한다.

(4) 도로 횡방향으로 설치하는 맹암거

① 유공관을 두지 않는 것으로 한다.

② 도로 중심선과 60 ° 의 각도로 설치한다.

(5) 도로 종방향으로 설치하는 맹암거

① 유공관을 두지 않는 것을 원칙으로 한다.

② 암반구간(리핑암과 발파암)에는 부직포를 두지 않는다.

(6) 맹암거에 매설되는 유공관의 내경

① 내경은 200㎜를 표준으로 한다.

② 유공관 구멍의 직경은 12~20㎜를 표준으로 한다.

(7) 유공관의 경사 : 0.5% 이상이 바람직, 최소 0.2% 이상으로 한다.

(8) 맹암거의 형식 및 적용기준

[표 4.3.2] 맹암거 형식 및 적용기준

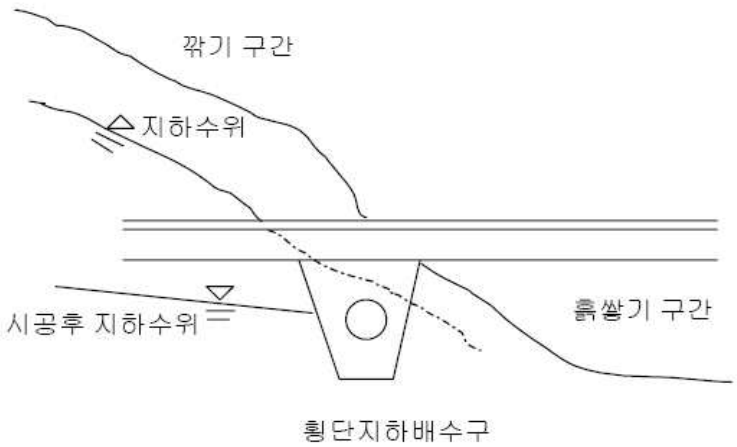
구 분	적 용 기 준	유공관 사용여부	부직포 사용여부	비 고
형식-1	땅깎기부 L형측구 아래에 설치(토사구간)	○	○	
형식-2	땅깎기부 L형측구 아래에 설치 (리핑암, 발파암 구간)	○	×	
형식-3	· 편절, 편성구간 및 절 · 성경계구간에 설치 (토사구간) · 땅깎기부 비탈면 퉁수부에 설치(토사구간) · 기존 포장 확장부(토사구간), 방음벽 기초하단부(토사구간)	×	○	중분대쪽 맹암거 유출부는 도로중심선과 60° 각도로 100m마다 설치하며, 곡선구간은 40m 마다 설치
형식-4	형식-3과 동일 (리핑암, 발파암 구간)	×	×	
형식-5	지하수 용출 및 용수 다발지역에 설치	다발 판넬사용	×	

4.3.4 횡단 지하배수구

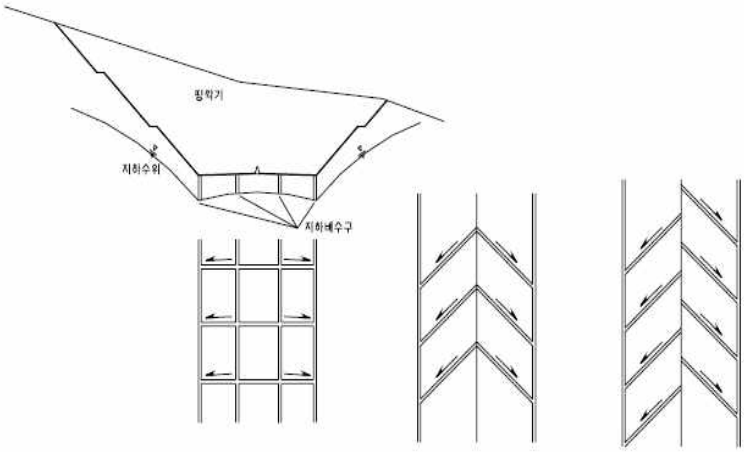
(1) 횡단 지하배수구는 도로의 직각방향으로 설치하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 보통의 경우는 집수관을 매설하지만 직접 모래 등을 채우는 경우도 있다.

(3) 횡단 지하배수구는 노면측의 지하배수구로 연결된다.



<그림 4.3.3> 횡단 지하배수구



<그림 4.3.4> 횡단지하배수구의 설치 예

4.3.5 중앙분리대 지하배수시설

(1) 설치목적

① 중앙분리대 지하배수구는 분리대 내에 침투한 빗물 배수를 위해 설치한다.

② 분리대 바닥에 차량의 진행방향으로 설치한다.

③ 땅깎기 구간에서 지하수위가 높은 곳은 지하수의 배수를 겸할수도 있으므로 유공관을 사용한다.

④ 표면이 불투수성 재료로 피복되어 있어도 피복의 균열 등으로 침투수가 발생하므로 지하배수구의 설치는 필요하다.

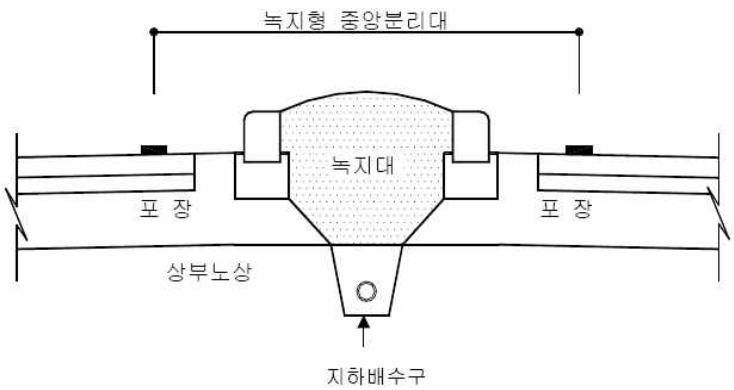
⑤ 노상재료가 투수성이 양호하여 우수 침입을 허용해도 지장이 없는 경우는 설치하지 않을 수도 있다.

(2) 중앙분리대 배수구 설치위치

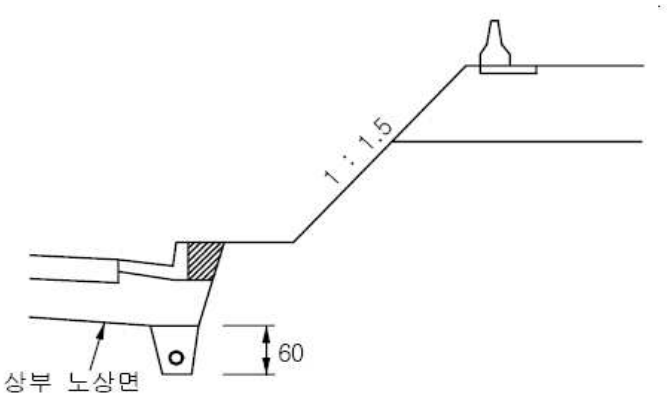
① 지하배수구 윗부분을 상부 노상면에 맞추어야 한다.

② 중앙분리대에는 전기통신시설 등이 매설되어 있으므로 주의해야 한다.

③ 양쪽 높이가 다를 경우 낮은 쪽의 상부 노상면에 중앙분리대 지하배수구의 상부를 맞춘다.



<그림 4.3.5> 중앙분리대의 지하배수구



<그림 4.3.6> 중앙분리대 양쪽 높이가 다를 경우

(4) 횡단 지하배수관을 길어깨 집수정에 연결할 경우

① 집수정에 들어간 물이 횡단 지하배수관에 역류하지 않도록 해야 한다.

② 대규모 땅깎기부에서는 역류할 수 있으므로 유공관을 설치할 수 있다.

(5) 기타 시설의 지하배수구의 구조

① 기타시설 : 인터체인지, 휴게시설, 간이휴게소 및 버스 정류장 등

② 기타시설의 배수구 등에서 흘러 들어온 빗물이 포장체에 침입할 경우는 중앙분리대와 같이 지하배수구를 설치한다.

③ 설치구조는 중앙분리대에 준한다.

4.4 기타사항

4.4.1 필터재료의 선정

(1) 필터재료는 다음의 조건을 만족시키는 입도배합의 것을 원칙으로 한다.

① 필터재료가 주변의 흙에 의하여 막히지 않기 위한 조건 :

$$\frac{D_{15}(\text{필터재료})}{D_{85}(\text{주변의흙})} < 5 \qquad \text{[식 4.4.1]}$$

② 필터재료가 주변의 흙에 비하여 충분한 투수성을 갖기 위한 조건 :

$$\frac{D_{15}(\text{필터재료})}{D_{15}(\text{주변의흙})} > 5 \qquad \text{[식 4.4.2]}$$

③ 유공관의 구멍과 이음 부분이 필터재료로 막히지 않기 위한 조건 :

$$\frac{D_{85}(\text{필터재료})}{d} > 2 \qquad \text{[식 4.4.3]}$$

여기서, D15, D85 : 입경가적곡선에 있어서 통과백분율이 각각 15%, 85%에 해당하는 입경(㎜)

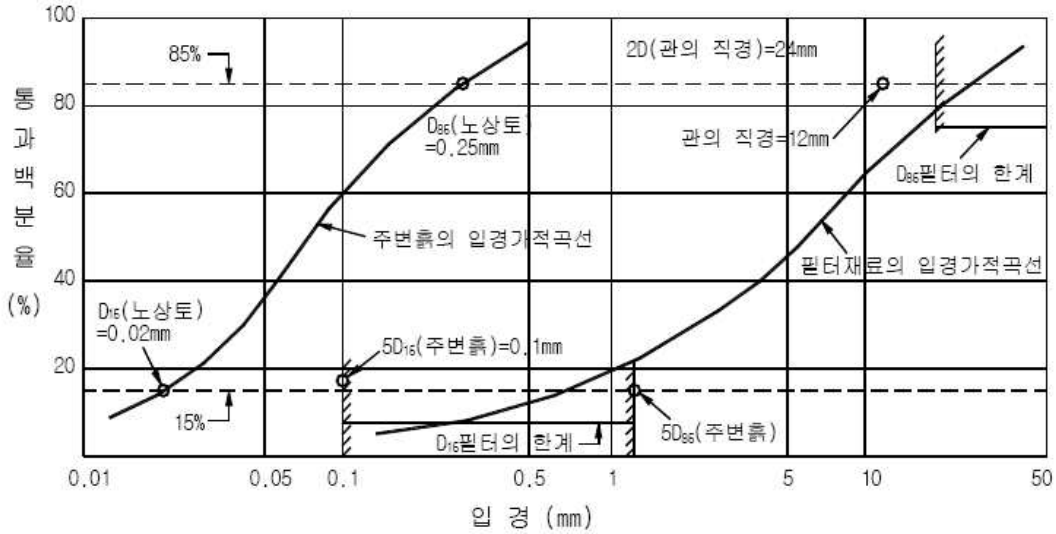
d : 유공관의 직경 또는 관의 이음 간격(㎜)

(2) 필터재료의 입도곡선

① 주변의 흙이 막자갈을 함유한 경우 입경이 25㎜ 이하의 재료에 대한 입도곡선을 만들어 필터재료를 선정한다.

② 필터재료는 0.08㎜ 이하의 입자를 5% 이상 함유해서는 안되며, 점착성이 있어서도 안된다.

③ 노상토가 막자갈을 함유했을 때 그 가운데 5.0㎜ 이하의 입자만 고려한다.



<그림 4.4.1> 필터재료의 입도곡선

(3) 유공관

① 원심력 철근 콘크리트관(KS F 4409) 또는 경질 염화비닐관(KS M 3404)에 소정의 간격으로 구멍을 뚫은 것을 사용한다.

② 구멍의 지름은 12~20㎜를 표준으로 한다.

③ 하중의 영향이 큰 장소에 설치할 경우 관의 강도를 검토해야 한다.

4.4.2 배수구 굴착

(1) 배수구의 굴착 형상

① 굴착형상은 지하수 및 토질조건과 굴착기계의 종류, 시공법 등에 따라 변화된다.

② 시공이 용이하게 이루어질 수 있도록 계획을 수립해야 한다.

③ 단면은 보통 배수관의 외경보다 약 15~200㎜ 정도 크게 할 수 있다.

④ 굴착 벽면은 토공량 감소를 위해 가능한 한 수직으로 굴착한다.

⑤ 기능발휘를 위해서는 위치 및 경사가 정확하게 시공되어야 한다.

(2) 땅깎기부 지하배수 설치시 다음과 같은 점을 주의해야 한다.

① 굴착의 기계시공

② 지하에 매설되는 구조물과의 관계

③ 노상 또는 국부적인 불량부분 치환장소의 지하배수(유공관을 사용하지 않는 것)와의 관계

④ 노면 및 비탈면 배수시설 등과의 관계

⑤ 비탈면 끝에 접한 배수구 터파기시 비탈면의 활동

4.4.3 지하배수구조물 접합부 처리

(1) 현장시공 여건을 고려하여 접속부를 정교하게 접속처리해야 한다.

(2) 배수구조물이 곡선으로 설치되는 경우 월류방지를 위해 외측 벽체부 등의 높이를 증가시켜 설치한다.