

간 행 물 등 록 번 호

도로 비점오염저감시설 설치 및 관리 지침(안)

2015. 6

국토교통부 · 환경부

지침 제정에 따른 경과 조치

이 지침은 발간('15.6.30) 후 3개월이 경과한 날부터 적용하며,
이미 시행 중인 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의
장이 필요하다 인정하는 경우에 적용할 수 있습니다.

머 리 말

도로는 국민의 삶과 국가 발전에 없어서는 안 될 기간시설로서 지금까지 그 역할을 잘 해 오고 있습니다. 하지만, 그 이면에 환경오염물질 배출이라는 사회문제를 발생시키기도 합니다. 우리 정부는 도로에서 비롯되는 환경오염 문제를 해소하기 위한 법적, 정책적 노력을 펼치고 있습니다.

이에 국토교통부는 환경부와 공동으로 도로에서 배출되는 환경오염물질로 인해 자연과 국민의 삶에 미칠 수 있는 부정적 영향을 최소화하기 위하여 도로 비점오염저감시설의 설계, 시공, 유지관리, 모니터링 등의 업무를 수행 할 수 있는 지침을 제정하게 되었습니다.

이 지침은 환경부 제정 매뉴얼을 토대로 하여 도로의 특성에 맞는 비점오염저감시설의 설계, 시공, 유지관리, 모니터링에 필요한 기본 사항과 세부 지침을 제시한 것으로, 도로 비점오염저감시설 계획시 고려사항, 시설의 선정시 고려사항, 시설의 종류, 용량 및 규모 산정, 설치 위치의 선정, 시설의 유지 관리 방안 등에 대한 지침을 마련하였습니다.

이 지침은 향후 현장 적용을 통해 앞으로도 개정이 필요한 부분은 지속적으로 보완할 예정이니 적용하시는 실무 기술자들의 계속적인 관심과 조언을 부탁드립니다. 마지막으로 본 지침을 마련하는데 참여하신 한국건설기술연구원 연구진, 자문 및 심의위원, 도로비점오염저감시설포럼 위원 및 관계 공무원 여러분의 노고에 깊은 감사를 드립니다.

2015년 6월

국토교통부 도로국장 김일평

환경부 물환경정책국장 김영훈

목 차

제 1 장 총 칙	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	2
1.3 도로 비점오염원 관리 대상사업	2
1.4 용어정의	5
제 2 장 도로 비점오염저감시설의 계획	10
2.1 도로 비점오염저감시설 계획시 고려사항	10
2.2 도로 비점오염저감시설의 설치 계획	13
2.3 도로 비점오염저감시설의 용량 및 규모 결정	17
2.4 도로 비점오염저감시설의 선정	21
2.5 도로 비점오염저감시설의 위치 선정	27
제 3 장 도로 비점오염저감시설의 설치	31
3.1 일반사항	31
3.2 침투시설	33
3.3 식생시설	41
3.4 저류시설	55
3.5 인공습지	58
3.6 기타시설	62
3.7 도로청소	66

제 4 장 도로 비점오염저감시설의 유지관리	68
4.1 일반사항	68
4.2 비점오염저감시설의 유지관리 점검사항	70
4.3 퇴적물 관리	71
4.4 폐기물 관리	72
4.5 식생 관리	73
4.6 여과재 관리	75
4.7 시설관리	77
4.8 도로 청소	79
 참고문헌	80

[부 록]

부록 1 유지관리 체크리스트	83
부록 2 도로 비점오염저감시설의 모니터링	95
부록 3 도로 비점오염저감시설 시범사업	107
부록 4 도로 비점오염저감시설 실시설계 사례	123

제1장 총 칙

1.1 목 적

이 지침은 도로의 부속물인 비점오염저감시설의 설치와 관리에 관한 사항을 정하는데 그 목적이 있다.

【해설】

- 비점오염원은 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제2조제2호에서 도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등의 불특정 장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 배출원으로 정의하고 있다.
- 비점오염저감시설은 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제2조제13호에서 수질오염방지시설 중 비점오염원으로부터 배출되는 수질오염물질을 제거하거나 감소하게 하는 시설로 정의하고 있다.
- 이 지침은 도로법 시행령 제3조 제8호에 따라 설치하는 도로 부속물인 비점오염저감시설의 조사·계획·설치·유지관리에 관한 절차 및 방법을 제시하는데 그 목적이 있다.

1.2 적용범위

이 지침은 「도로법」에서 규정한 고속국도, 일반국도, 특별시도, 광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도에 적용한다.

【해설】

- 이 지침은 「도로법」 제10조에서 규정하고 있는 고속국도, 일반국도, 특별시도, 광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도에 적용하며, 필요할 경우 기타 도로에도 적용할 수 있다.

1.3 도로 비점오염원 관리 대상사업

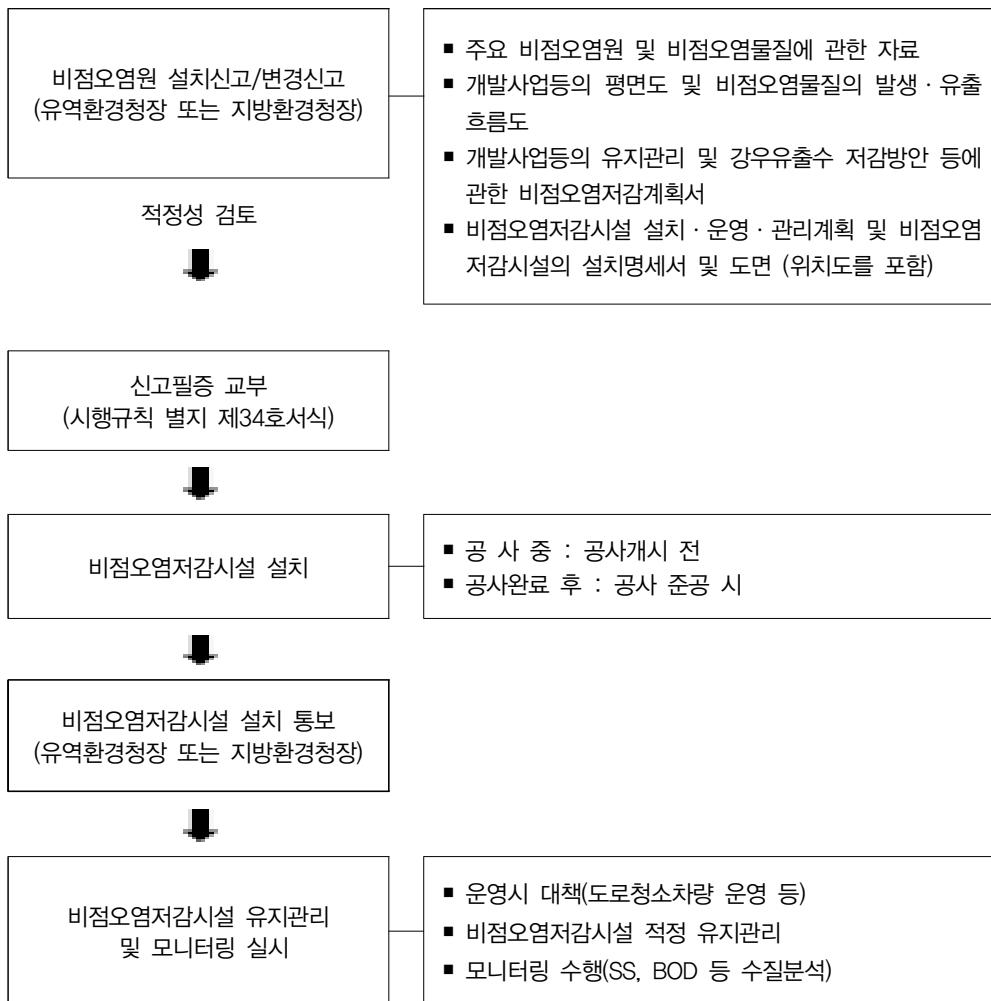
「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 및 동법 시행령에 의하여 비점오염저감시설을 설치하는 도로를 대상으로 한다.

【해설】

- 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 시행령 제72조에 따라 「환경영향 평가법」 및 같은법 시행령 별표3에 의하여 환경영향평가를 실시하여야 하는 도로건설사업(「도로법」 제2조제1항제1호에 따른 도로의 건설사업 중 4킬로미터 이상의 신설, 왕복 2차로 이상으로서 10킬로미터 이상의 확장 등)에서 비점오염저감시설을 설치하여야 한다.
- 비점오염저감시설을 설치하지 아니한 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제53조의2에 해당하는 지역을 통과하는 같은법 시행령 제75조의2에서 정하는 도로는 비점오염저감시설을 설치하여야 한다.

- 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제53조의2에 해당하는 지역
 - ① 상수원보호구역
 - ② 상수원보호구역으로 고시되지 아니한 지역의 경우에는 취수시설의 상류·하류 일정 지역으로서 환경부령으로 정하는 거리 내의 지역
 - ③ 특별대책지역
 - ④ 「한강수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조, 「낙동강 수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조, 「금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조 및 「영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」 제4조에 따라 각각 지정·고시된 수변구역
 - ⑤ 상수원에 중대한 오염을 일으킬 수 있어 환경부령으로 정하는 지역
- 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행령」 제75조의2 비점오염저감시설을 설치하여야 하는 도로는 같은법 제53조의2제1항 각 호 외의 부분에서 '대통령령으로 정하는 도로'란 다음 각 호의 도로
 - ① 「도로법」 제10조제1호에 따른 고속도로
 - ② 「도로법」 제10조제2호로부터 제7호까지의 도로 중 상수원의 수질보전을 위하여 비점오염을 저감할 필요가 있어 환경부장관이 관계 행정기관의 장과 협의하여 비점오염저감시설의 설치 구간을 정하여 고시하는 도로
- 환경영향평가 대상 도로건설사업자는 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 시행규칙 제73조의 기한까지 해당관청에 비점오염원의 설치신고를 하여야 하며, 같은법 시행규칙 제75조의 시점까지 비점오염저감시설을 설치하고, 해당관리청에 통보하여야 한다.
 - 비점오염원 설치 신고에 대한 업무수행 방법 및 내용은 환경부의 「비점오염원 설치신고 업무처리지침」을 따른다.
 - 비점오염저감시설의 설치 및 관리절차는 <그림 1.1>과 같다.

도로 비점오염저감시설 설치 및 관리 지침(안)



〈그림 1.1〉 도로 비점오염저감시설 설치신고 절차

- 이 지침에 기술되어 있지 않은 사항은 국토교통부 및 환경부 제정 관련 기준을 적용하며, 서로 상충되는 경우에는 이 지침을 따른다.
 - 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙
 - 도로설계기준
 - 하천설계기준
 - 하수도시설기준
 - 콘크리트 구조설계기준

- 구조물기초 설계기준
- 도로계획 지침
- 도로배수시설 설계 및 관리 지침
- 비점오염저감시설의 설치 및 관리 · 운영 매뉴얼(환경부)
- 수질오염총량관리를 위한 비점오염원 최적관리지침(환경부/국립환경과학원)
- 수질오염총량관리기술지침(환경부/국립환경과학원)
- 건강한 물순환 체계구축을 위한 저영향개발(Low Impact Development, LID) 기술요소 가이드라인(환경부)
- 환경영향평가시 저영향개발(LID) 기법 적용매뉴얼(환경부)
- 비점오염저감계획서의 작성방법(환경부)

1.4 용어정의

이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

【해설】

- 점오염원(point-source pollution)
폐수배출시설, 하수발생시설, 축사 등으로서 관거 · 수로 등을 통하여 일정한 지점으로 수질오염물질을 배출하는 배출원
- 비점오염원(non-point source pollution)
도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등으로서 불특정 장소에서 불특정하게 수질 오염물질을 배출하는 배출원
- 비점오염저감시설
수질오염방지시설 중 비점오염원으로부터 배출되는 수질오염물질을 제거하거나 감소하게 하는 시설

○ 강우강도

일정기간동안 내린 강우량을 단위시간에 내리는 강우량으로 표시한 것

○ 강우량

어떤 단위면적에 일정시간 내린 우량(비)을 그 면적으로 나눈 물의 수심(깊이)으로 나타낸 것

○ 강우유출수

비점오염원의 수질오염물질이 섞여 유출되는 빗물 또는 눈 녹은 물 등

○ 경사

경사면의 기울기로 층리면, 단층면, 절리면과 같은 지질구조면의 기울기 각으로 수평면으로부터 구조의 주향과 수직을 이루는 각

○ 개수로

물이 대기압을 받고 자유수면을 가지고 흐르는 수로

○ 누적유출고

직접유출수의 근원이 되는 강우인 유효우량으로서 지표면유출수 형성에 직접적으로 기여하는 초과강수량 및 단시간 내에 하천으로 유입되는 지표하유출수

○ 단락류(Short Circuiting)

침전지 내에서 물이 정상적인 유로를 통과하지 않아 적정 체류시간보다 빨리 유출부에 도달하는 현상

○ 배수면적

도로 배수계통에 있어서 동일한 유출구를 갖는 지역의 면적

- 부유물질(SS, Suspended Solids)

물속에 있는 입자지름이 약 $1\mu\text{m}$ 이상인 고형물질의 총칭으로서 혼탁물질이라고도 하며, 물을 흐리게 하는 원인이 되는 것으로 용해성물질과 구별

- 생화학적 산소요구량(BOD, Biochemical Oxygen Demand)

생물분해가 가능한 유기물질의 강도로서 유기물질은 수중의 호기성세균에 의해 산화되며, 이에 소요되는 용존산소의 양을 mg/L 또는 ppm으로 나타낸 것

- 세굴

주로 파랑이나 수류에 의하여 하상, 해안, 해저, 제방 또는 테라스나 전환수로의 바닥이 침식되어 쟁겨 없어지는 현상

- 수질처리 용량(WQv, Water Quality Volume)

비점오염저감시설을 이용해 처리하는 강우유출수를 저류하여 처리하는 저감시설(저류시설, 인공습지, 식생체류지 등)의 설계용량

- 수질처리 유량(WQf, Water Quality Flow)

비점오염저감시설을 이용해 처리할 수 있는 강우유출수의 첨두유량으로서 강우유출수를 연속적으로 유입시켜 처리하는 저감시설(식생여과대, 식생수로, 여과형 시설 등)의 설계유량

- 소단

절토나 성토 사면의 안정을 위하여 중간에 좁은 폭으로 조성되는 수평부분. 비탈고가 높으면 다단식 소단을 설치하기도 함

- 오리피스(Orifice)

수조의 바닥, 측벽 등의 일부에 구멍이 뚫린 규칙적인 형상의 유출구. 표준 오리피스는 원형 또는 정사각형의 예리한 테두리를 가진 것으로, 유량 측정에 이용

○ 여과재

여과할 때 사용되는 다공질 매체로서, 대상물질의 특성에 따라 사용하는 종류가 다름

○ 유량

단위 시간당 특정 단면을 통과하는 물의 양

○ 유량 분배구조물(Flow Diversion Structure)

대부분의 비점오염저감시설은 저감효율 증진과 시설의 안전성을 위해 온오프라인(저감시설을 연결수로와 분리)으로 설치도록 되어 있으며, 이때 연결수로내의 본류에서 초기우수를 분리해내기 위해 설치하는 시설

○ 유역

강수로 인해 하천의 임의 단면에 위치한 단일 출구지점에 유출을 발생시키는 지역의 범위

○ 유역면적

유역의 평면상 면적

○ 저영향 개발(LID)

강우유출 발생지에서부터 침투, 저류를 통해 도시화에 따른 수생태계에 미치는 영향을 최소화하여 개발 이전의 상태에 최대한 가깝게 만들기 위한 토지이용 계획 및 도시 개발 기법

○ 전처리 시설

도로에서 배수시설로 흘러 들어오는 우수 중에 포함된 크기가 큰 부유물이나 쓰레기 등을 사전에 차단하는 시설

○ 종단경사

도로진행방향 중심선의 길이에 대한 높이의 변화비율

- 중금속

비중이 4이상 되는 금속의 총칭(수은, 카드뮴, 납, 동, 크롬, 망간, 바나듐, 금, 은, 백금, 철 등)으로 강한 독성을 가진 것이 많음. 배수나 매연에 포함된 양이 축적되며 신물 연쇄 등의 경로를 거쳐 인체에 유해한 작용을 끼침

- 첨두유량

강우사상에 대한 수문곡선의 첨두부의 유량

- 총인(T-P, Total Phosphorus)

하천, 호소 등의 부영양화의 원인물질을 나타내는 지표의 하나로 물속에 포함된 인의 총량

- 총질소(T-N, Total Nitrogen)

하천, 호소 등의 부영양화의 원인물질을 나타내는 지표의 하나로 물 속에 포함된 질소의 총량

- 하천

지표면에 내린 빗물 등이 모여 흐르는 물길로서 공공의 이해에 밀접한 관계가 있어 국가하천 또는 지방하천으로 지정된 것을 말하며, 하천구역과 하천시설을 포함

- 화학적 산소요구량(COD, Chemical Oxygen Demand)

수중유기물의 화학적 산화시 소비되는 산소량, 산화제로 과망간산칼륨 또는 중크롬산칼륨을 사용하여 이를 시료에 섞어 가열한 후 소비된 산화제의 양을 구함

제2장 도로 비점오염저감시설의 계획

2.1 도로 비점오염저감시설 계획시 고려사항

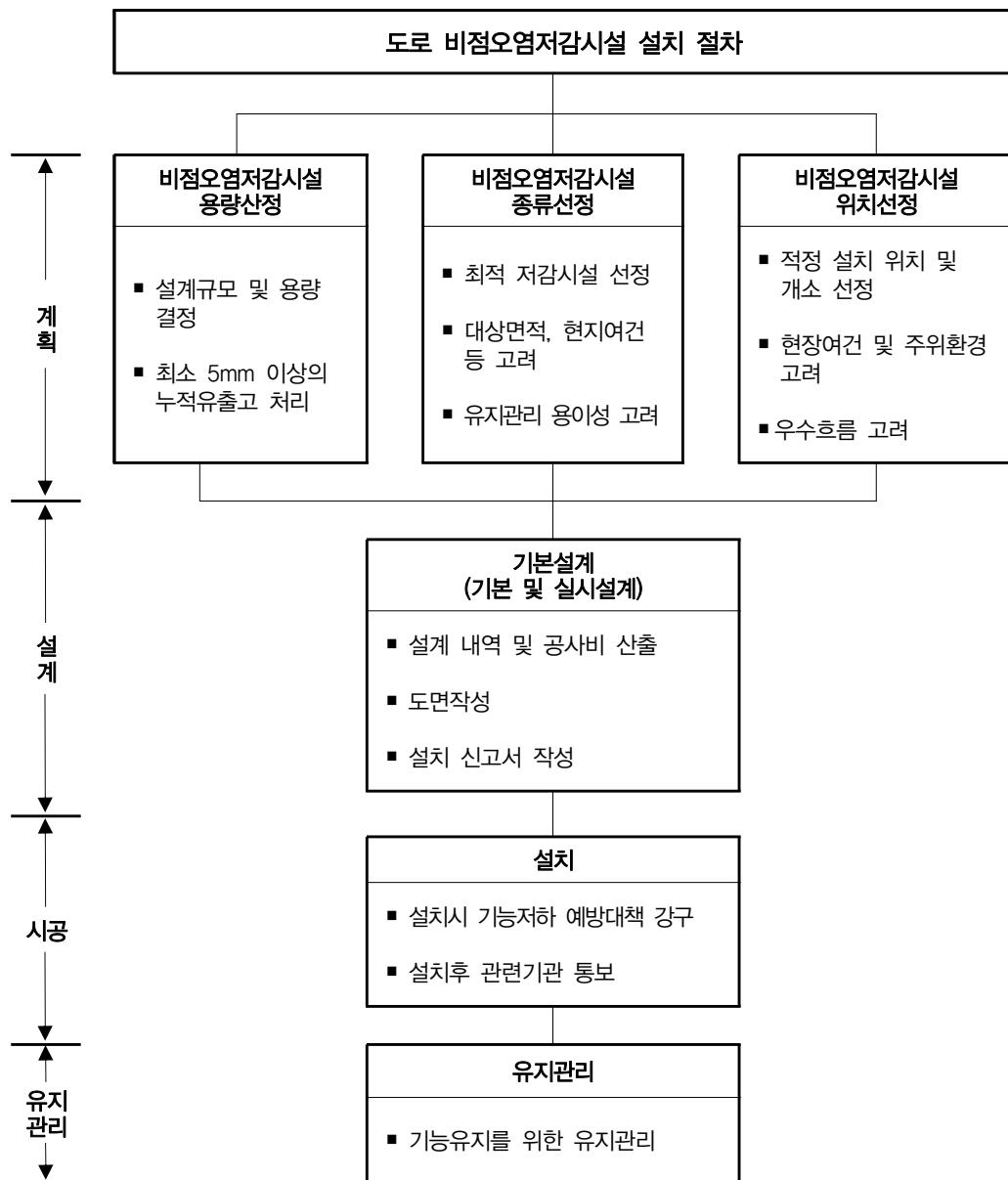
- 가. 도로 비점오염저감시설의 시설종류, 용량산정 및 위치선정을 하기 위해서 강우량, 강우유출량과 오염물질 유출량 등을 조사한다.
- 나. 도로 비점오염저감대책 수립시 식생사면 등 자연정화기능을 갖는 도로시설의 이용과 정기적인 도로 청소를 우선검토하여 반영하고, 도로 비점오염저감시설을 설치하는 경우에는 침투, 식생, 저류 시설 등을 현지 여건에 맞게 적정히 배치·계획한다.
- 다. 도로 비점오염저감시설의 종류, 설치위치 및 시설부지 등은 도로 배수시설 조사 및 계획 시 반영한다.

【해설】

- 도로 비점오염저감시설의 설치를 위해 조사단계에서 비점오염저감시설의 설치위치, 종류, 시설설치 부지 등과 같은 사항을 현장조사 검토하여 계획 한다.
- 도로 비점오염저감시설은 「수질 및 수생태계 보전의 관한 법률」 시행규칙 별표 17의 비점오염저감시설의 설치기준을 준하여 조사한다.
- 도로 비점오염저감시설의 시설종류, 용량산정 및 위치선정을 위하여 해당 지역의 강우량, 강우유출량, 오염물질 유출량 등을 조사한다.
 - 강우량은 시설이 위치하는 지역의 최근 10년간의 연평균, 월평균, 일강우량 및 시강우량을 포함하는 강우량을 분석한다.

- 강우유출량은 도로 운영시 배수구역에서 유출되는 강우유출수량 중 관리 목표량에 해당되는 양이다. 관리목표량은 해당지역의 강우량을 누적유출고로 환산하여 최소 5mm 이상의 강우량을 처리할 수 있도록 하여야 한다.
 - 수질오염총량관리에서 토지계 발생 및 배출부하량 산정에 활용되는 「수질오염총량관리기술지침」(국립환경과학원, 2014)의 토지계 지목별 연평균 발생부하율단위를 사용할 수 있다.
- 도로 비점오염저감대책을 수립할 때 해당도로의 배수를 비점오염저감시설의 설치에 준하는 자연정화기능을 갖도록 아래와 같이 설계할 경우 비점오염저감시설로 인정할 수 있다.
- 강우유출수가 도로의 식생사면으로 유출되어 침투, 증발산 및 지하흐름을 통해 배출될 시 식생사면을 비점오염저감시설로 인정할 수 있다. 이 경우 식생사면의 경사는 30°이하의 경우로 제한하며, 최소 식생사면의 면적은 배수면적의 20% 이상이 되도록 한다.
 - 도로배수시설을 자연적 물순환 기능을 가진 식생수로나 침투도랑 형태 등으로 조성할 경우에는 비점오염저감시설로 인정할 수 있다. 이 경우 폭은 최소 1m 이상이 되어야 하며, 가능한 식생이 존재하여야 하고, 경사는 5°이하가 되도록 하고, 최소 길이는 200m 이상이 되도록 한다.
- 도로 사업은 배수구역이 작은 규모로 나뉘므로 소규모의 침투시설, 식생시설, 저류시설 등을 설치한다.
- 도로 조사·계획시 비점오염저감시설의 설치를 고려하여 부지를 확보한다.
 - 도로 비점오염저감시설은 경관성, 안전성, 유지관리의 용이성을 고려하여 설치한다.
 - 교량 및 터널 등과 같은 구조물 구간은 도로청소 등 현지여건을 고려하여 비점오염저감계획을 수립한다.
- 도로사업은 사업부지를 확정한 이후에는 추가적인 사업부지 확보가 어려우므로 사업계획시 도로주변 녹지 및 배수시설과 연계하여 비점오염저감시설을 설치하기 위한 부지를 확보한다.

- 도로 비점오염저감시설의 계획, 설치, 시공, 관리 등의 절차는 <그림 2.1>과 같다.



<그림 2.1> 도로 비점오염저감시설 설치 절차

2.2 도로 비점오염저감시설의 설치 계획

2.2.1 도로 비점오염저감시설 설치시 고려사항

- 가. 도로 비점오염저감시설은 도로 및 유역의 특성, 지역사회의 수인가능성(불쾌감, 선호도 등), 경제성, 유지관리 용이성, 안전성, 경관성 등을 고려하여 계획 설치 한다.
- 나. 비점오염저감시설은 도로 배수시설과 연계하여 설치하며, 비점오염저감시설의 설치 간격은 현지 여건 및 처리능력을 고려하여 결정한다.
- 다. 침투기능을 가진 시설, 즉 침투, 식생, 저류시설 등은 도로의 안정성 확보를 위하여 성토부 저면경계로부터 1m 이상 이격하여 별도 부지를 확보하여 설치한다.
- 라. 비점오염저감시설은 유지관리가 용이한 구조로 설치하며, 토사 등의 제거를 위하여 전처리시설(침강지)을 설계에 반영한다.
- 마. 일정유량이 비점오염저감시설로 유입되도록 유량분배구조물을 설치하며, 침수를 예방하기 위하여 월류부를 설치한다.
- 바. 교량, 터널, 도시부 도로 등은 현장여건상 비점오염저감시설의 설치가 어려운 구간은 도로청소를 비점오염저감대책으로 고려할 수 있다.

【해설】

- 도로는 비점오염원 배출시설로 도로설계를 할 때 관련조사를 실시 검토하여 비점오염저감시설의 설치 계획을 수립하며, 특히, 도로노면청소 등의 비점 오염 저감계획을 수립한다.
- 도로 비점오염저감시설 설치 계획에 따른 사전조사 자료는 도로건설사업 조사시 사용한 관련계획, 문헌자료, 유역현황, 수리수문, 토질·지반, 토지이용, 시설물 현황, 수계 및 배수시설 현황 등의 조사 자료 결과를 활용한다.

- 비점오염저감시설의 종류 및 입지 선정 시 지역사회의 의견을 적극적으로 수렴·반영하고 불쾌감, 선호도 등을 고려한다. 또한 비점오염저감시설이 지역 생태계의 서식처로서 활용될 수 있도록 한다.
 - 지역사회 적용성은 시장조사 및 선호도 조사, 지역주민의 민원발생, 경관적 쾌적성 등 3가지 요소를 측정하여 평가한다.
- 도로의 형태 및 토지이용 특성에 따라 비점오염원 유출특성 등 여러 요소가 차별화되므로, 비점오염저감시설의 선정 시 충분히 고려한다.
 - 간선도로 및 고속도로 등 차량 흐름이 많은 지역은 여유부지 확보가 어렵고 차량사고 시 안전성 확보가 곤란한 대규모 습지·저류지 외에는 대부분의 시설이 적용될 수 있다.
 - 도시지역 등 고밀도로 개발된 지역은 침투도량 및 침투저류지와 같은 침투시설이 적합하나 부지확보가 관건이므로 신규개발지역에서는 계획 단계에서부터 비점오염저감시설 설치 부지를 확보하는 것이 바람직하다.
 - 지방지역 등 저밀도로 개발된 지역에서는 침투저류지와 인공습지, 식생수로가 비점오염저감시설로 적정하다.
- 비점오염저감시설은 건설비 및 유지관리 비용 등을 종합적으로 고려하여 산정한다.
 - 국내 비점오염저감시설의 건설비용에 대한 시설별 평가는 설치되는 지역의 특성 등을 반영하여 검토·평가하여야 한다.
- 비점오염저감시설의 선정시 유지관리 빈도, 막힘 현상과 같은 유지관리 문제, 기능상실을 고려한 상대적인 유지관리 용이성을 반드시 고려하여야 하며, 유지관리계획을 수립하여 시설별 정기점검 및 수시점검이 이루어 지도록 하여야 한다.

- 비점오염저감시설의 선정시 설치되는 지역 특성 등을 고려하여 시설별 상대적인 안전성을 고려한다. 특히 주거지역내에 설치하는 경우 안전이 매우 중요한 관심사항이므로 이를 특별히 고려하여야 한다.
 - 경사가 급한 지역의 토양이 포화될 경우 경사면 붕괴, 구조물 붕괴 등의 위험을 고려한다.
- 비점오염원 처리대상 면적은 주요 비점오염물질이 배출되는 도로 면적을 대상으로 한다. 다만, 비점오염 저감계획에 도로청소 등의 비점오염저감 대책이 포함되어 있는 경우는 그에 상응하는 규모나 용량은 제외할 수 있다.
- 도로 비점오염저감시설은 도로 배수 계획에 영향이 없도록 배수계획과 연계 처리한다.
 - 빗물을 유입시켜 처리하기 위하여 비점오염저감시설의 주변부지는 적정한 경사도를 주어 강우유출수가 자연적으로 모아지도록 설계한다.
 - 비점오염저감시설 유입부와 유출부 높이에 차이를 두어 자연유하로 유출될 수 있도록 시설을 설계한다.
 - 비점오염저감시설이 방류하천과 인접하여 설치되는 경우 비점오염저감 시설의 유출수가 방류하천으로 자유롭게 유출될 수 있어야 한다.
- 도로 비점오염저감시설로부터 유출되는 유출수가 도로에 침투되어 도로 구조물 등의 지지력 약화나 포장 파손 등의 문제가 발생되지 않도록 계획 한다.
 - 흙쌓기부 도로에 비점오염저감시설 설치 시에는 침투로 인한 침하문제와 같은 도로의 안전성을 고려하여 설계한다.
 - 땅깎기부 도로에 비점오염저감시설 설치 시에는 토양 치환을 통해 충분한 체류시간을 가지도록 설계한다.

- 수질처리용량 이상으로 강우유출수가 비점오염저감시설로 유입되는 경우를 대비하여 우회시설을 설치하여 시설의 안전성을 확보한다.
 - 비점오염저감시설은 지역별, 유역별로 수질개선 이외에 지하수 함양, 수로 보호, 홍수예방 등 추가적인 사항도 고려하여 설치한다.
 - 수로보호 및 홍수예방 등이 필요한 지역에서는 비점오염저감시설의 선정시 이를 고려하여 선정하며, 1개의 시설로 이러한 기능을 충족하지 못할 경우, 여러 시설을 연결하여 이를 충족시키도록 한다.
- 도로의 비점오염저감시설의 유지관리의 용이성을 위하여 토사, 쓰레기 등을 제거하기 위한 전처리시설을 계획한다.
- 도로 비점오염저감시설은 배수로 내의 본류에서 초기우수를 분리하기 위해 유량 분배구조물(Flow diversion structure)을 설치한다. 유량 분배구조물의 형식은 배수로 바닥에 일정높이의 턱(유도턱)을 만들거나, 배수로 중간에 집수정 설치 후 오리피스(orifice)를 이용하는 방법 등이 있다.
- 도로 비점오염저감시설은 시설 유형별로 필요한 체류시간을 갖도록 계획하며, 시설을 설치한 후 처리효과를 확인하기 위한 시료채취나 유량측정이 가능한 구조로 설치한다.

2.3 도로 비점오염저감시설의 용량 및 규모 결정

비점오염저감시설의 설계규모 및 용량은 다음의 기준에 따라 초기 우수(雨水)를 충분히 처리할 수 있도록 설계하여야 한다. (수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙 별표17)

- 가. 해당 지역의 강우빈도 및 유출수량, 오염도 분석 등을 통하여 설계규모 및 용량을 결정하여야 한다.
- 나. 해당 지역의 강우량을 누적유출고로 환산하여 최소 5mm 이상의 강우량을 처리 할 수 있도록 하여야 한다.
- 다. 처리 대상 면적은 주요 비점오염물질이 배출되는 토지이용면적 등을 대상으로 한다. 다만, 비점오염저감계획에 비점오염저감시설 외의 비점오염저감대책이 포함되어 있는 경우에는 그에 상응하는 규모나 용량은 제외할 수 있다.

【해설】

- 도로 비점오염저감시설은 도로 배수구역에서 유출되는 초기 우수를 차집 하여 처리할 수 있도록 설치한다.
- 비점오염저감시설의 규모는 수질처리 용량(Water Quality Volume, WQv)과 수질처리 유량(Water Quality Flow, WQf)으로 구분하여 결정한다.

〈표 2.1〉 비점오염저감시설별 규모 설계기준

구 분		규모 설계기준	
침투시설	침투도량	WQv	
	침투저류지		
	유공포장		
식생시설	식생수로	WQf	
	식생여과대		
	식생체류지 나무여과상자 식물재배화분		
저류시설	저류지	WQv	
인공습지	지표흐름형 인공습지		
	지하흐름형 인공습지		
여과형 시설		WQf	
와류형 시설			
스크린형 시설			

- 수질처리 용량(WQv)은 다음의 식으로 결정한다.

$$WQv = PI \times A \times 10^3$$

WQv : 수질처리 용량 (m^3)

PI : 설계강우량으로부터 환산된 누적유출고(mm)

A : 배수면적(m^2)

- 수질처리 유량(WQ_f)은 최근 10년 이상의 시강우자료를 활용하여 강우강도의 연간 누적발생빈도(Cumulative Occurrence Frequency) 80%에 해당하는 강우강도를 결정하고 합리식을 이용하여 산정한다.

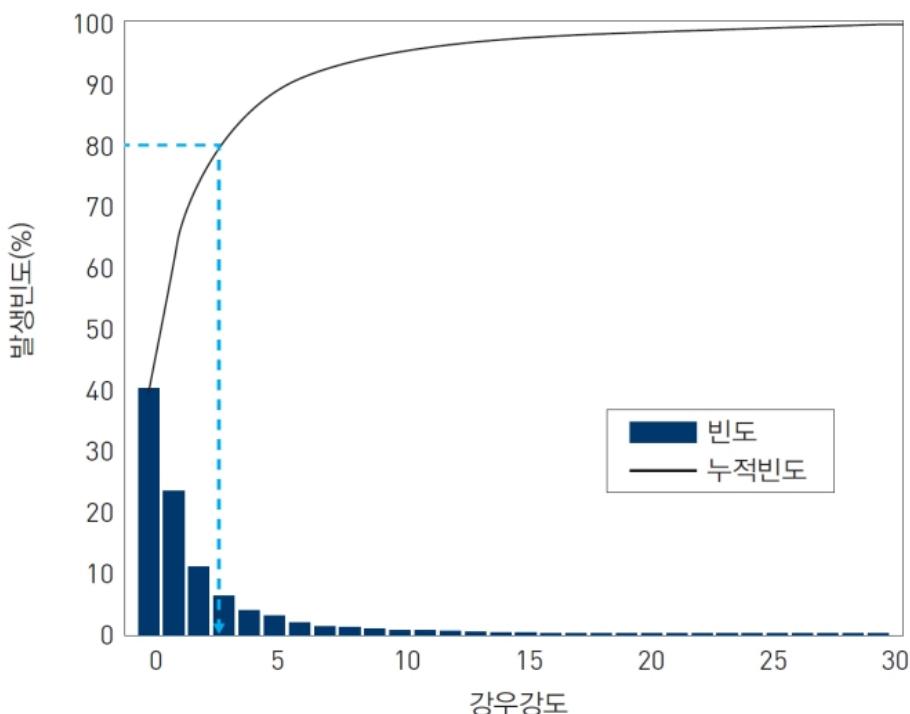
$$WQ_f = C \times I \times A \times 10^{-3}$$

WQ_f : 수질처리 유량(m^3/h)

C : 배수구역의 유출계수

I : 누적발생빈도 80%에 해당하는 기준강우강도(mm/h)

A : 배수면적(m^2)



〈그림 2.2〉 강우강도 발생빈도를 통한 설계유량 산정방법

(출처 : 환경부, 2014)

- 단, 비점오염원 설치신고제도하에서 설치되는 소규모 비점오염저감시설의 수질처리 유량(WQf)은 2.5mm/h를 적용하여 결정할 수 있다.

$$WQf = CI \times A \times 10^3$$

WQf : 수질처리 유량(m^3/h)

CI : 유출계수를 고려한 기준강우강도 2.5 (mm/h)

A : 배수면적(m^2)

- 도로 비점오염저감시설 설치 용량과 규모결정은 아래와 같은 사항을 고려하여야 한다.
 - 각 비점오염저감시설의 규모 및 용량 산정 방법은 「비점오염저감시설의 설치 및 관리 · 운영 매뉴얼」(환경부, 2014)을 따른다.
 - 비점오염저감시설의 규모는 수질처리 용량을 전량 차집할 수 있는 규모와 시설 개소수로 결정한다.

2.4 도로 비점오염저감시설 선정

2.4.1 도로 비점오염저감시설의 종류와 특징

도로 비점오염저감시설은 침투시설, 식생시설, 저류시설, 인공습지 등이 있다.

【해설】

- 도로 비점오염저감시설은 침투시설, 식생시설, 저류시설, 인공습지, 여과형, 와류형, 스크린형 등이 있으며, 각 시설의 종류, 장단점 및 효율은 각각 <표 2.2>, <표 2.3>, <표 2.4>와 같다.
- 현장여건상 비점오염저감시설의 설치가 어려운 구간은 도로청소 등 이에 상응하는 방안을 적용할 수 있다.

<표 2.2> 도로 비점오염저감시설의 분류 및 종류

구 분	정 의	종 류
침투시설	강우유출수를 지하로 침투시켜 토양의 여과·흡착 작용에 의해 비점오염물질을 줄이는 시설	<ul style="list-style-type: none"> · 침투도량 · 침투저류지 · 유공포장
식생시설	토양의 여과·흡착 및 식물의 흡착작용으로 비점오염물질을 줄임과 동시에, 동·식물 서식공간을 제공하면서 녹지경관 조성이 가능한 시설	<ul style="list-style-type: none"> · 식생수로 · 식생여과대 · 식생체류지 · 나무여과상자 · 식물재배화분
저류시설	강우유출수를 저류하여 침전 등에 의하여 비점오염물질을 저감하는 시설	· 저류지
인공습지	강우유출수를 저류하여 식물, 미생물, 여과재 등을 이용하여 처리하는 시설	· 인공습지
여과형 시설	강우유출수를 집수정 등에서 차집한 후 모래, 토양, 기타여재 등의 여과재를 통해 여과하는 형태의 시설	-
와류형 시설	중앙회전로의 움직임으로 와류를 형성시켜 오염물질을 부상 및 침전으로 분리시키는 시설	-
스크린형 시설	망의 여과·분리 작용으로 비교적 큰 부유물이나 쓰레기 등을 제거하는 시설로서 주로 전처리에 사용	-
도로청소	강우전 도로청소를 통해 비점오염물질을 제거하는 방안으로 사전관리에 해당	대체수단

- 도로 비점오염저감시설은 도로구조물의 종류, 설치 대상지역의 토양, 강우 조건, 대상지 면적 및 유출수량, 기후 등과 비점오염저감시설의 기능 및 장단점, 저감효율 등을 고려하여 선정한다.

〈표 2.3〉 도로 비점오염저감시설의 장단점 비교

구분	시설	장 점	단 점
침투 시설	침투도랑	<ul style="list-style-type: none"> 좁은 폭을 이용하여 적용가능 자연적 배수시스템 이용 오염물질 저감효율 높음 	<ul style="list-style-type: none"> 입자에 의한 막힘 현상 주의 성토부 등의 지반조건에 제약 높은 지하수위 적용 어려움
	침투 저류지	<ul style="list-style-type: none"> 자연경관 개선에 효과 부지확보에 따라 규모의 다양화 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 입자의 막힘 현상 주의 성토부 등의 지반조건에 제약 높은 지하수위 적용 어려움
	유공포장	<ul style="list-style-type: none"> 우수유출 억제효과 높음 수환경의 보전효과 높음 	<ul style="list-style-type: none"> 입자의 막힘 현상 주의 교통량 많은 도로 설치 어려움
식생 시설	식생수로	<ul style="list-style-type: none"> 좁은 폭의 부지를 활용하여 설치 가능 도로 노반 침식 방지기능 유수속도 감소로 인한 유출저감 자연경관 개선에 효과적 	<ul style="list-style-type: none"> 침입 식생종의 관리 필요 급경사 지역 설치 불가
	식생 여과대	<ul style="list-style-type: none"> 부지확보에 따라 규모의 다양화 가능 도로 노반 침식 방지 기능 유수속도 감소로 인한 유출저감 자연경관 개선에 효과적 	<ul style="list-style-type: none"> 도심지 도로에 설치 어려움 성토부 등의 지반조건에 제약 침입 식생종 관리 필요 급경사 지역 설치 불가
	식생 체류지	<ul style="list-style-type: none"> 도심지 도로/주차장 등에 적용 가능 다양한 규모로 적용 가능 경관성과 심미성이 높음 	<ul style="list-style-type: none"> 적정 수목의 관리 필요 시외 도로에 적용 어려움
	나무여과 상자	<ul style="list-style-type: none"> 부지 소요가 적음 가로수 공간에 적용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 제설제에 의한 식물고사 검토 필요 토사 등 협잡물에 의한 막힘 현상
	식물재배 화분	<ul style="list-style-type: none"> 좁은 공간에 적용 가능 도심지 도로/주차장 등에 적용 가능 경관성과 심미성이 높음 	<ul style="list-style-type: none"> 좁은 면적을 필요로 하는 기술특성상 시외도로 설치 어려움
저류 시설	저류지	<ul style="list-style-type: none"> 부지확보에 따라 규모의 다양화 가능 자연경관 개선에 효과적 홍수 예방 기능 	<ul style="list-style-type: none"> 침전물 등 준설에 비용 소요
인공 습지	인공습지	<ul style="list-style-type: none"> 부지확보에 따라 규모의 다양화 가능 경관성 및 심미성 높음 홍수 예방 기능 	<ul style="list-style-type: none"> 모기 등의 발생가능성 검토 필요 침입 식생종 관리 필요 적정 식생유지를 위한 기저유량 필요

구 분	장 점	단 점
여과형 시설	<ul style="list-style-type: none"> ■ 입자상 물질의 제거효율 높음 ■ 모래 외 다양한 여과재의 적용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 토사 등의 막힘 현상 발생 가능 ■ 단독으로 큰 배수구역 관리 불가 ■ 정기적인 여과재 교체
와류형 시설	<ul style="list-style-type: none"> ■ 폐기물 및 큰 입자 제거위한 전처리 기술로 적용 가능 ■ 기술이 단순하여 설치 쉬움 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 단독으로 오염물질의 제거 불가능 ■ 용존물질 및 미립자의 제거 어려움
스크린형 시설	<ul style="list-style-type: none"> ■ 폐기물 및 큰 입자 제거위한 전처리 기술로 적용 가능 ■ 기술이 단순하여 설치 쉬움 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 단독으로 오염물질의 제거 불가능 ■ 용존물질 및 미립자의 제거 어려움
도로청소	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시설 설치 필요 없음 ■ 접근성이 높음 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 초기 투자비용이 높음 ■ 작은 입자관리가 어려움 ■ 유지관리 비용 높음

- 비점오염저감시설은 강우유출수 내 총부유물질(TSS), 총인(T-P), 총질소(T-N), 생물학적 산소요구량(BOD), 중금속 등의 저감효율을 검토하여 선정한다.
- 지역개발부하량의 할당 협의를 위한 비점오염저감시설의 저감효율은 「수질 오염총량관리기술지침」(국립환경과학원, 2014년)을 참조한다.

〈표 2.4〉 비점오염저감시설 저감효율(%)

구 分	BOD	T-N	T-P
침투시설	침투도랑	77	62
	침투저류지	69	58
	유공포장	75	83
식생시설	식생수로	34	45
	식생여과대	44	42
	식생체류지 나무여과상자 식물재배화분	54	49
저류시설	저류지	34	28
인공습지	인공습지	53	37
여과형 시설	여과형 시설	50	46
	와류형 시설	16	11
	스크린형 시설	15	9

* BOD : 생물학적 산소요구량, T-N : 총질소, T-P : 총인
(출처 : 국립환경과학원, 2014)

- 각 도로 비점오염저감시설의 주요기능은 <표 2.5>와 같으며, 시설 특성을 고려한 도로적용성을 표시하였다.

〈표 2.5〉 도로 비점오염저감시설의 기능 및 도로적용성

구분	시설	저류	여과	침투	증발산	생태 서식처	지하수 함량	심미성	도로 적용성
침투 시설	침투도랑	○	●	●	△	△	●	●	●
	침투저류지	●	○	●	○	△	●	○	●
	유공포장	-	○	○	○	×	△	○	○
식생 시설	식생수로	△	○	○	●	○	△	●	●
	식생여과대	△	●	●	○	●	△	○	△
	식생체류지	●	○	○	○	●	○	●	○
	나무여과상자	△	●	△	○	△	○	●	○
	식물재배화분	△	●	○	○	△	○	●	○
저류 시설	저류지	●	○	△	○	●	△	○	●
인공 습지	인공습지	○	●	△	●	●	△	●	●
	여과형 시설	○	●	○	○	△	○	○	○
	와류형 시설	△	△	△	△	△	△	△	△
	스크린형 시설	△	△	△	△	△	△	△	△
	도로청소	-	-	-	-	-	-	-	○

● 매우 높음, ○ 높음, △ 보통 이하, × 없음

2.4.2 도로 비점오염저감시설의 선정

도로에서 사용되는 비점오염저감시설은 토지이용 특성, 유역특성, 유지·관리의 용이성, 비용의 적정성 등을 종합적으로 고려하여 적합한 시설을 선정한다. 또한 도로부지의 토양특성, 지하수위, 경사도, 자연유하 가능성, 배수면적 등을 고려하여 선정한다.

【해설】

- 도로건설 전의 자연상태에 가깝게 유지할 수 있는 자연형시설(저영향개발 기법 포함)을 우선으로 한다.
 - 자연형시설의 입지가 불리한 경우에 장치형시설 설치를 검토한다.
 - 기존 공용중인 도로의 경우 시설 설치부지가 있다면 시설선정에 제한을 받지 않는다. 단, 기존 도로의 시설 설치부지가 충분하지 않다면 넓은 부지가 필요한 저류시설이나 침투저류지의 설치는 지양하는 것이 좋다.
- 비점오염저감시설은 도로의 물리적 특성에 적합한 시설이어야 한다.
 - 분기점, 나들목을 제외한 1개 저감시설의 배수면적은 $2만m^2$ 이하가 바람직하다.
 - 녹지대 및 교량하부를 제외한 대부분의 설치부지는 도로를 따라 길고 좁은 형태이므로 이를 고려하여야 한다.
 - 저감시설에 연결되는 측구의 경사가 주변 지형에 따라 다양하나, 대부분 10~15%로 급하므로 저감시설의 연결에 주의를 기울여야 한다.
 - 대규모의 연못이나 습지는 별도의 부지가 필요하므로 저감시설 선정시 주의를 기울여야 한다.
 - 장대교 등 교량 종배수관으로는 노면수의 육상부 이송이 곤란한 경우에 장치형시설 설치를 검토한다. 단, 이 경우라도 단부측은 육상부로 이송하여 자연형으로 처리하여야 한다.

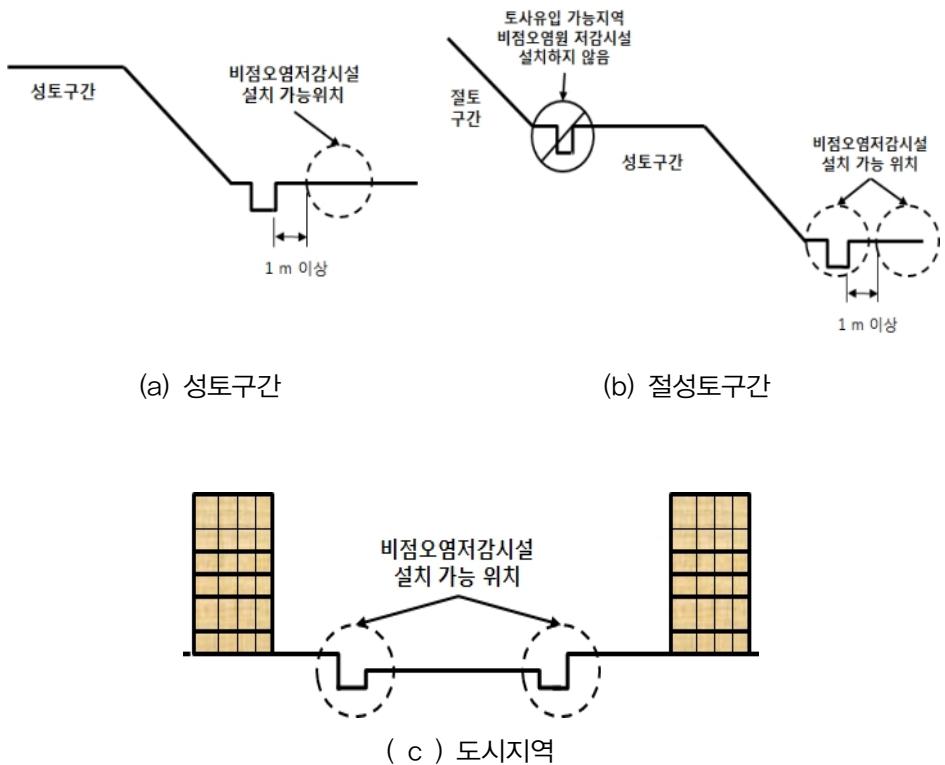
- 유역규모(배수면적)별로 적용가능한 도로 비점오염저감시설은 다음과 같다.
 - 분기점이나 나들목 등 넓은 유역(10만m^2 초과)에는 인공습지를 적용하는 것이 바람직하다.
 - 중간 규모의 유역($2\text{만}\sim 10\text{만m}^2$)에는 소규모 저류지, 소규모 습지, 식생여과대, 식생수로, 침투저류지 등을 적용할 수 있다.
 - 좁은 유역(2만m^2 미만)에는 침투도랑, 빗물정원 등을 적용할 수 있다.
 - 처리대상 유역(집수면적)은 도로 배수시설의 계통계획과 설계시 결정되는 집수면적과 설계유량과 연계하여 설정한다.
- 침투시설은 토양의 투수 및 배수여부와 지하수위에 대한 영향여부 등을 반드시 고려한다.

2.5 도로 비점오염저감시설의 위치 선정

도로 비점오염저감시설은 우수의 흐름, 주변지형, 시설의 안전성(침수, 파손, 매몰 등)을 고려하고 도로 배수계통에 따라 위치를 선정한다.

【해설】

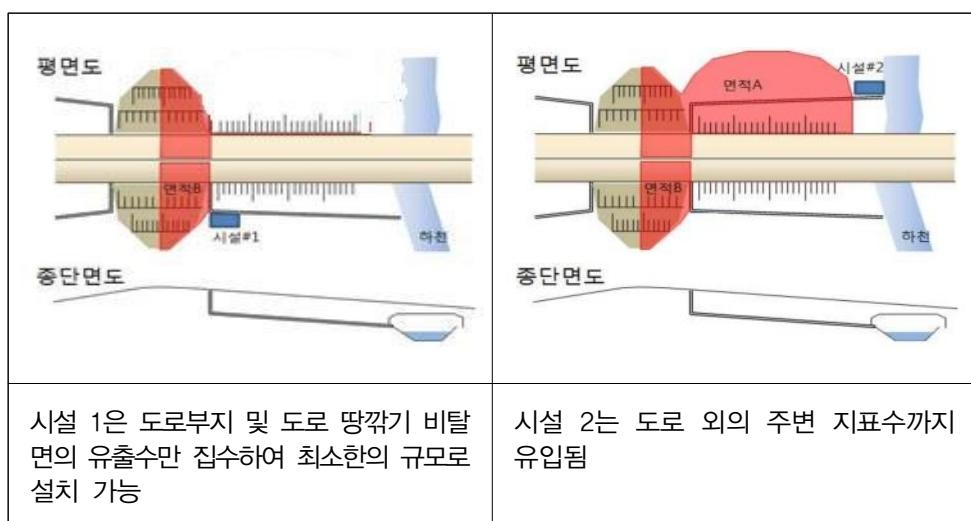
- 도로 비점오염저감시설의 설치 위치 및 종류는 도로 조사·계획시 토지 이용 특성과 해당 도로의 배수계통을 고려하여 수질처리 용량을 처리할 수 있도록 선정한다.
- 도로 비점오염저감시설의 설치는 시설설치를 위한 부지확보가 가장 중요 하므로 토지이용의 특성을 고려하여 도로건설사업 계획단계에서부터 비점 오염저감시설의 설치 부지를 확보한다.
- 도로 비점오염저감시설의 위치는 주변 생태계 및 자연 경관적 흐름과 연결성을 고려하여 선정하며, 녹지대, 도로의 교량하부, 선형분리구간 녹지대, 폐도, 휴게소, 자투리땅 매입부 등의 공간을 활용하는 것이 바람직하다.
- 또한, 터널의 경우 강우유출수가 거의 없지만 정기적으로 시행하는 터널 물청소 시 발생하는 오염물질을 처리하기 위하여 비점오염저감시설을 설치 할 수 있다.
- 교량, 터널, 도시부 도로 구간 등 비점오염저감시설 설치를 위한 부지 확보가 용이하지 않은 구간은 도로청소를 우선적으로 고려한다.



〈그림 2.3〉 도로 비점오염저감시설의 설치 가능 위치

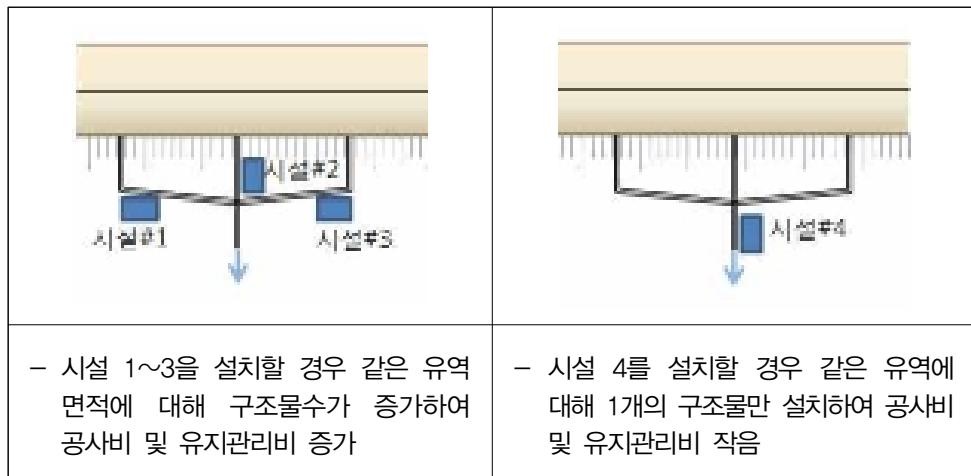
- 도로 비점오염저감시설은 배수계통과 주변여건을 고려하여 여러 개의 집수정 또는 도수로를 통합하여 처리할 수 있는지를 고려하여 설치 위치를 선정 하며, 대규모의 비점오염저감시설이 되지 않도록 한다.
- 도로 비점오염저감시설은 토사 유입이 가능한 비탈면에 설치하지 않는 것을 원칙으로 한다. 만약, 토사 유입이 예상되는 비탈면에 설치하게 되면 토사유입 방지시설을 설치한다.
- 도로 비점오염저감시설은 도로구역 밖의 강우유출수가 비점오염저감시설로 유입되지 않도록 한다.

- 도로 노면의 강우유출수만을 비점오염저감시설로 유입되도록 하기 위해서는 집수정 또는 도수로에 바로 연결하여 도로에 최대한 가까운 위치에 설치하여야 하나, 이 경우 비점오염저감시설의 개소수가 많아져 유지관리가 어렵고 설치비용이 증가되는 단점이 있으므로 해당 도로구간의 배수계통과 주변여건을 고려하여 비점오염저감시설의 설치간격 및 위치를 선정한다.
- 오염농도가 높은 노면유출수만을 비점오염처리대상으로 하여 처리하는 것이 가장 효율적이나, 불가피하게 저감시설로 유입되는 땅깎기·흙쌓기 비탈면 등의 유출수가 있는 경우에는 이 유출수도 처리대상에 포함시켜야 한다.
- 도로구역 밖의 주변 지표수 등은 저감시설로 유입되지 않도록 하여야 한다.



〈그림 2.4〉 대상유역의 면적 변화를 고려한 비점오염저감시설 위치 선정사례

- <그림 2.5>와 같은 유역면적에 대해 시설 #1~3의 경우와 같이 따로 설치하는 것보다 시설 #4로 통합하여 설치하면 공사비 및 유지관리비를 절감할 수 있다.



〈그림 2.5〉 시설의 분할시공과 통합시공 고려

제3장 도로 비점오염저감시설의 설치

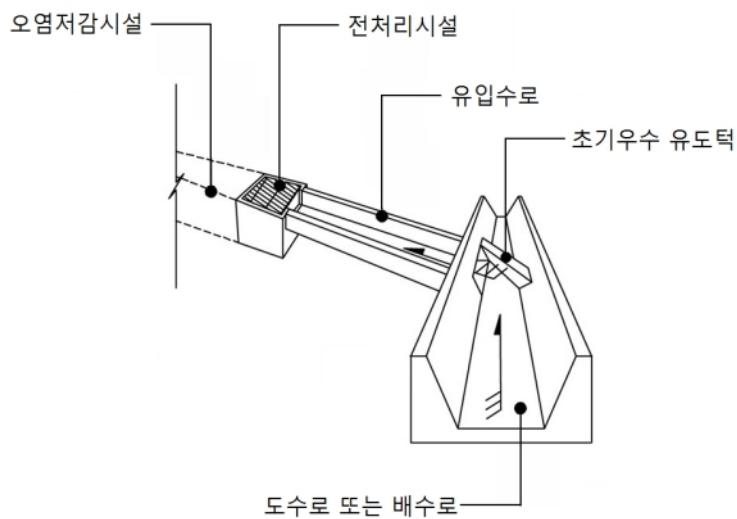
3.1 일반사항

도로 비점오염저감시설은 설치 지역의 유역 특성, 경제성, 유지관리 용이성, 안전성, 경관성 등을 고려하고 도로 배수시설과 연계하여 설치한다.

【해설】

- 도로는 높은 포장율과 차량의 운행으로 인하여 강우 시 높은 유출율과 비점오염물질의 유출이 높은 토지이용이기에 도로 설계 시 적절한 비점오염저감시설을 설치하여야 한다.
- 도로에 비점오염저감시설 설치 시에는 운전자, 차량 및 보행자, 도로의 안전성을 고려하여야 한다.
- 도로 비점오염저감시설은 홍수로 인한 침수 피해를 입지 않도록 시설물을 배치하는 등 시설의 안전성을 확보한다.
- 도로 비점오염저감시설은 수질처리 용량 이상의 강우유출수 유입에 대비하여 우회시설을 설치한다.
- 도로 비점오염저감시설은 유입부와 유출부 높이에 차이를 두어 유입된 강우 유출수가 자연유하로 유출될 수 있도록 설치하며, 시설 유형별로 필요한 체류시간을 갖도록 설치한다.
- 저류시설을 제외한 도로 비점오염저감시설은 시설로 유입된 강우유출수가 일정시간(최대 3일) 이내에 배수되도록 설치한다.

- 비점오염저감시설은 유지관리 용이성을 위하여 토사 등을 제거하기 위한 전처리시설(침강지)을 설치한다. 전처리시설(침강지)의 규모는 가로 1m, 깊이 0.6m의 규모가 적정하고 길이는 수질처리 용량에 의하여 결정되며, 자세한 사항은 환경부 기준을 따른다.
- 비점오염저감시설은 처리효과를 확인하기 위한 시료채취나 유량측정이 가능한 구조로 설치한다.
- 비점오염저감시설은 유량 분배구조물(Flow Diversion Structure) 등을 설치하여 배수로 내의 본류에서 초기우수를 분리 처리 한다. 유량 분배구조물의 형식은 배수로 바닥에 일정한 높이의 턱(유도턱)을 만들거나, 배수로 중간에 집수정을 설치하여 오리피스(Orifice)를 이용하는 방법 등이 있다.
- 도로 비점오염저감시설의 설치 시 향후 운영 시의 유지관리의 용이성을 위하여 토사 등의 입자를 제거하기 위한 전처리 시설을 반영하여야 한다.



〈그림 3.1〉 유량 분배구조물의 개요도

3.2 침투시설

3.2.1 공통 설치기준

- 가. 도로에 적합한 침투시설에는 침투도랑, 침투저류지, 유공포장 등이 있다.
- 나. 침투시설은 침전물로 인한 토양의 공극 막힘현상이 최소화되도록 설계한다.
- 다. 침투시설 하층 토양의 침투율은 13mm/h 이상이어야 한다.
- 라. 침투시설은 지하수 오염을 방지하기 위하여 침투시설의 바닥이 죄고 지하수위 또는 기반암상단으로부터 수직상향으로 최소 1.2m 이상의 거리를 두도록 한다.
- 마. 침투시설은 초과유량을 배제할 수 있는 우회시설을 설치한다.

【해설】

- 침투시설은 강우유출수를 지하로 침투시켜 토양의 여과·흡착 작용에 의해 오염물질을 줄이는 시설로, 도로에 적합한 침투시설에는 침투도랑, 침투저류지, 유공포장 등이 있다.
- 침투시설에 쓰레기 유입을 방지하기 위하여 유입부에 스크린을 설치하고, 토사나 침전물 등의 유입으로 인한 시설의 막힘 현상을 최소화하기 위해 전처리시설(침강지)을 설치한다.
- 침투시설은 강우유출수를 지하로 침투시켜 오염물질을 줄이는 시설이므로 하층 토양의 침투속도는 13mm/hr 이상의 투수성을 가져야 한다. 하층 토양의 침투속도가 13mm/hr를 도달하지 못할 시에는 토양 치환(최소 30cm 이상) 등을 통해 충분한 저류공간을 갖도록 한다.

- 침투시설 설치시 도로 구조체로의 물의 침투는 도로의 안전성에 영향을 주므로 성토부 저면경계로부터 최소 1m 이상 이격하여 설치한다.
- 침투시설은 시설로 유입된 강우유출수를 가능한 48시간(최대 3일) 이내에 벽면이나 바닥을 통해 하부토양으로 침투시킬 수 있도록 설치하며, 처리 용량을 초과한 유량을 효율적으로 배제할 수 있도록 우회시설을 설치한다.
- 침투시설의 처리용량은 아래의 식으로 산정한다.

$$V = V_f \times n + 10^3 \times k \times T_f \times A_i \geq WQv$$

V : 처리용량(m^3)

V_f : 침투시설의 체적(m^3)

n : 시설내 충전재의 공극률(충전재 정보 불충분시 0.32 적용)

k : 하부토양의 침투속도(mm/h , 13~210 mm/h 범위내)

T_f : 유입시간(h , 2시간을 적용)

A_i : 침투면적(m^2 , 하부토양과 접하여 침투를 유도하는 면적)

여기서

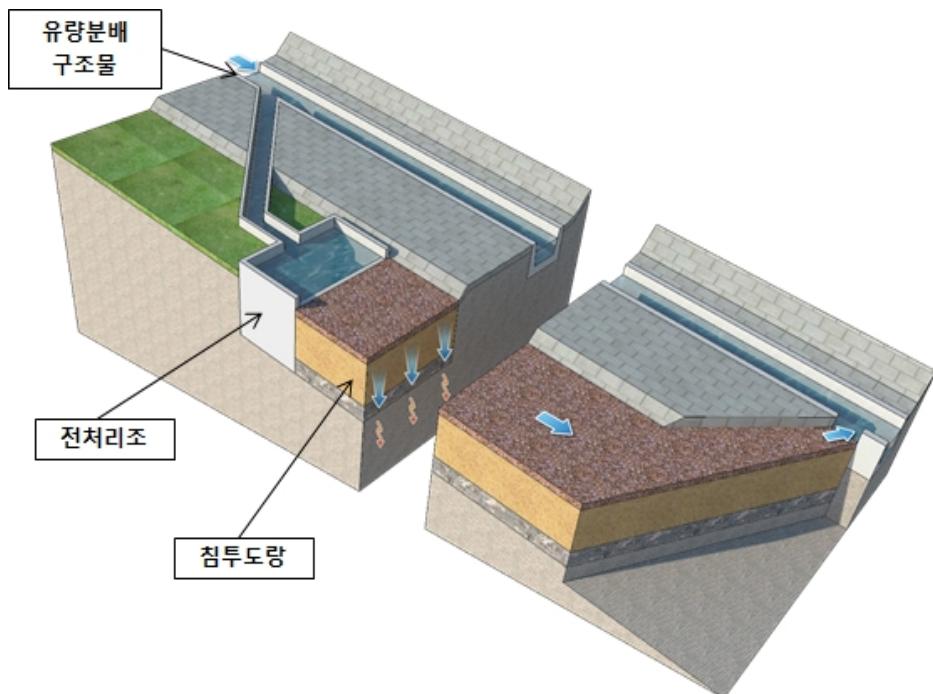
$$A_i = \frac{WQv}{d \times n + T_f \times k \times 10^{-3}}$$

3.2.2 침투도랑

- 가. 침투도랑은 폭이 좁은 긴 도랑 형태로서 도로변을 따라 좁고 긴 부지를 확보할 수 있는 곳에 설치할 수 있다.
- 나. 침투도랑의 깊이는 0.6~1.5m 범위로 하고, 폭은 1.5m 이하가 되도록 한다.

【해설】

- 침투도랑(Infiltration Trench)은 강우유출수를 처리하기 위하여 일정한 깊이로 굴착한 도랑에 자갈이나 돌을 충전하여 조성한 일종의 지하 저수조로서, 차집된 강우유출수는 도랑의 바닥을 서서히 통하여 하부 토양층을 침투해 지하수면에 도달되는 구조이다.



〈그림 3.2〉 침투도랑 개념도



〈그림 3.3〉 침투도랑 단면도

- 침투도랑은 토양층으로의 침투를 유도하는 시설이지만 설치시 도로의 안전을 위하여 도로 구조체로 처리수가 유입되어서는 안 된다.
- 침투도랑에 사용되는 자갈 또는 쇄석은 40% 이상의 공극률을 갖도록 4~6cm의 균일한 크기를 사용하고, 모래층은 자연모래 기준에 적합하여야 하며 15cm 이상 두께의 깨끗한 모래층을 두어야 한다.
- 침투도랑의 벽면과 상층부는 필터섬유 등으로 라ining 처리한다. 상층부 필터 섬유의 상부에는 10cm 이상 두께의 잔자갈층을 두어 토사여과를 촉진시키고 오염물질 제거효율을 높여야 한다.
- 침투도랑에는 직경 10~15cm의 유공관을 이용한 관측정을 설치하여 강우가 완료된 후 배수속도를 파악하고, 퇴적물의 깊이와 필터섬유의 막힘 여부 및 유지관리 시점을 판단할 수 있도록 한다.



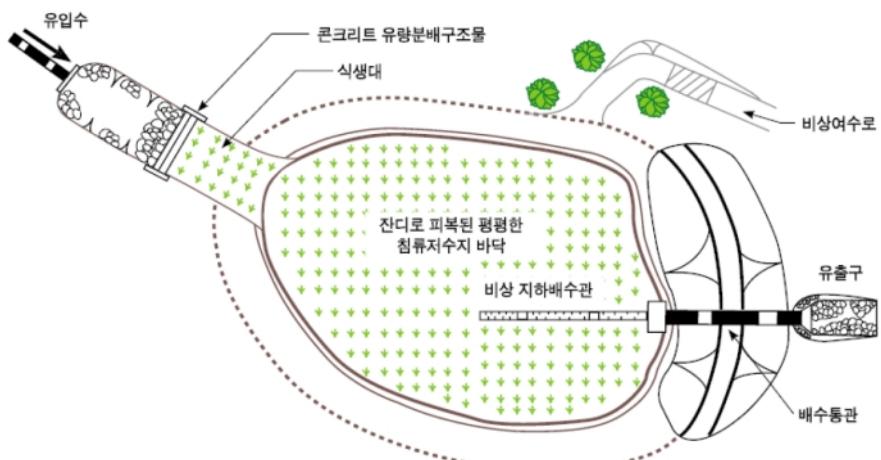
〈그림 3.4〉 침투도량의 설치사례

3.2.3 침투저류지

- 가. 침투저류지는 도로주변에 일정 크기의 부지를 확보할 수 있는 곳에 설치할 수 있다.
- 나. 침투저류지의 바닥은 경사가 없도록 하며 균일한 침투가 이루어질 수 있도록 한다.
- 다. 침투저류지는 비상시 배수를 위하여 배수관 등 비상배수시설을 설치한다.

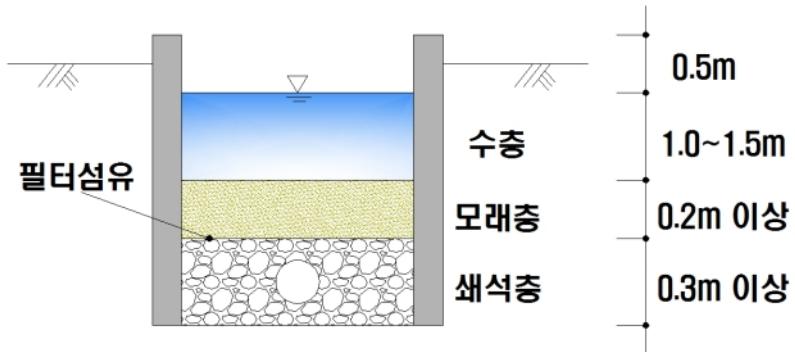
【해설】

- 침투저류지(Infiltration Basin)는 강우유출수를 얇은 수심의 저류지에 임시 저장한 후 침투를 통해 빗물의 직접유출을 저감하는 동시에 오염물질이 제거되도록 하는 시설이다.
- 침투저류지는 침투 및 저류를 통한 유출 및 비점오염저감 효과가 있는 시설로, 일정 크기의 부지를 확보할 수 있는 곳에 설치할 수 있다.



〈그림 3.5〉 저류시설의 개념도

(출처 : 국립환경과학원, 2010)



〈그림 3.6〉 침투저류지의 단면도

- 침투저류지는 침투단면의 막힘현상으로 인해 물고임이 발생하거나, 유지 관리를 위한 완전배수가 필요할 경우를 대비하여 배수관 등 비상배수시설을 설치한다.
- 침투저류지의 수심은 1.0~1.5m 범위 내에서 현지여건을 고려하여 정하며, 안전사고 예방을 위하여 안전 울타리 등 안전시설을 설치하여야 한다. 또한 식생을 조성하여 침식과 바닥의 세굴을 방지하도록 한다.

- 침투저류지는 저류용량 이상으로 유입되는 것에 대비하여 우회배수시설을 설치하여야 한다.



〈그림 3.7〉 침투저류지의 설치사례

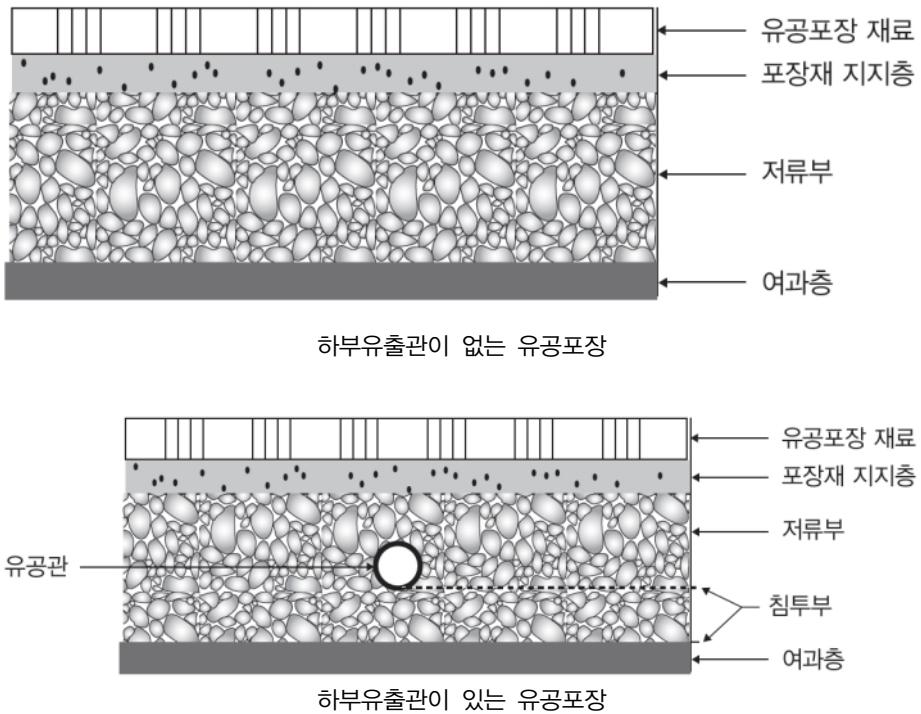
3.2.4 유공포장

- 가. 유공포장은 차량의 통행량, 주행속도, 하중을 고려하여 포장면의 안전성이 확보된 지역에 설치할 수 있다.

나. 유공포장은 설치하고자 하는 부지의 교통량 및 하중을 고려하여 계획한다.

【해설】

- 유공포장(Porous Pavement)은 투수성 포장(Permeable Pavement)의 한 방법으로 강우유출수 내 오염물질을 직접 포장체를 통해 하부 지층으로 침투시켜 제거하는 시설이다.
- 유공포장은 주로 주차장내 주차부지, 주거지 도로, 보행자 및 자전거 도로, 차량 통행이 제한된 광장 및 공원에 설치한다.
- 유공포장의 하부에는 골재층 등을 두어 빗물을 저장하는 공간을 두는 것이 타당하며, 하부저류층은 통상 30~90cm의 저류층을 둔다.



〈그림 3.8〉 유공포장의 단면도

(출처 : 환경부, 2014)

- 유공포장에는 포장면적 $300m^2$ 당 1개소 이상 관측정을 설치하여야 하며 관측정의 간격은 10m 이상 확보해야 한다.
- 유공포장의 관측정을 통하여 강우가 완료된 후 배수속도를 파악할 수 있으며 퇴적물의 깊이와 필터섬유의 막힘 여부 및 유지관리시점을 판단할 수 있다.

3.3 식생시설

3.3.1 공통 설치기준

- 가. 도로에 적합한 식생시설에는 식생수로, 식생여과대, 식생체류지, 나무여과상자, 식물재배화분 등이 있다.
- 나. 식생시설은 길이 방향의 경사를 5% 이하로 한다.
- 다. 식생시설은 식생 및 토양층과 강우유출수 간의 접촉시간을 최대화하여 처리 효율을 높일 수 있도록 설치한다.

【해설】

- 식생시설은 토양의 여과·흡착 및 식물의 흡착 작용으로 비점오염물질을 줄임과 동시에 동·식물 서식공간을 제공하여 녹지경관 조성에 우수한 시설로 도로에 적합한 식생시설에는 식생수로, 식생여과대, 식생체류지, 나무여과상자, 식물재배화분 등이 있다.
- 식생시설은 계획된 강우유출수가 토양층 및 식생을 거쳐 느리게 흐르도록 길이 방향 경사를 5% 이하로 하여 접촉시간을 충분히 함으로써 여과·흡착 작용에 따른 오염물질 제거 효율을 높일 수 있도록 설치한다.
- 식생시설의 식생은 침수 및 염수에 저항력이 강한 것으로 조성하며, 해당 지역의 기후 및 토양에 적합한 친수식물 등 그 지역의 토착식생을 우선 선정 한다.
- 특히 식생체류지, 나무여과상자, 식물재배화분 등의 시설은 설치비용에 비해 효율성이 높으며 경관성과 심미적 효과가 높고, 작은 규모로 설치가 가능 하므로 용지 확보가 용이하지 않은 시가화 지역의 도로와 주차장 등에 적용성이 높다.

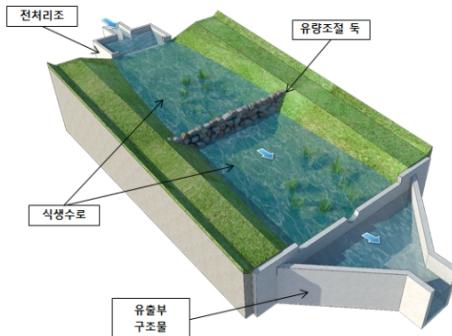
- 식생시설에 사용되는 식물은 초본에서 목본까지 다양하게 접목될 수 있다.
 - 비점오염저감시설은 물에 대한 내성이 높은 식물을 선정하도록 한다.
 - 식물종 선정시 토착식생을 우선 선정한다.
 - 겨울철 제설제 살포 등을 고려해 염해에 저항력이 강한 식물을 선정한다.

3.3.2 식생수로

- 가. 식생수로는 강우유출수를 처리하기 위해 필요한 수로 길이를 확보할 수 있는 곳에 설치할 수 있다.
- 나. 식생수로의 수질처리 용량에 대한 첨두유량 통수시 수리학적 체류시간은 최소 9분 이상이 되어야 한다.
- 다. 식생수로의 흐름방향 경사는 유량조절 둑이 없는 경우는 0.5~2%, 있는 경우는 2~5%로 하여 강우유출수가 느리게 흐르도록 한다.

【해설】

- 식생수로(Vegetated Swale)는 식생으로 덮인 개수로로 강우유출수를 유도하여 식생에 의한 여과와 토양으로의 침투 등을 통해 강우유출수의 오염 물질을 제거하는 시설로, 건식 및 습식 식생수로 등이 있다.



〈그림 3.9〉 식생수로 개념도

- 식생수로는 흐름방향 경사를 완만하게 하여 강우유출수가 느리고 얕게 흐르도록 함으로써 입자상 오염물질의 침전도를 높이고 시설의 침식발생 가능성을 낮춰야 한다.
- 식생수로의 바닥에 고랑이 생기는 것을 방지하기 위해 개수로 바닥의 폭은 최대 2.5m로 설계하며, 사석 등의 보강이 없는 경우 측면경사는 2(높이): 1(폭) 이하로 한다.
- 식생수로의 수질처리 용량에 대한 첨두유량 통수시 수리학적 체류시간은 최소 9분 이상이 되어야 한다. 유량조절 둑을 설치하면 긴 체류시간을 확보할 수 있다.
- 강우유출수의 흐름방향 유속은 식생, 사석 등이 침식되지 않도록 0.8m/s 이하로 한다. 또한, 통수가능 깊이는 최대 0.1m로 한다.
- 식생수로의 수심은 대규모 강우량이 발생했을 때 범람하지 않도록 설계하고 설계 수심보다 15~30cm 정도의 여유고를 둔다.
- 식생수로의 시설규모산정은 다음과 같다.
 - 설계강우량에 대한 수질처리 유량, 수로의 종단경사 및 통수가능수심 등을 고려하여 식생수로의 바닥폭을 산정한다.
 - 수질처리 유량에 대한 체류시간, 유속 기준을 만족할 수 있도록 식생수로의 길이를 결정한다.
 - 범람 등에 대한 안정성 확보 문제 등을 고려하여 식생수로의 수심을 결정한다.
- ① 식생수로의 바닥 폭은 수질처리 유량(WQf)을 이용하여 아래 식으로 결정한다.

$$W = \frac{n \times WQf}{D^{\frac{5}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}$$

여기서, W = 식생수로 바닥 폭(m, 최대 2.5m),

WQf = 수질처리 유량(Water Quality Flow, m^3/s), 식생수로 저류시설을 통과하여 식생수로로 유입되는 평균 유량

D = WQf 통수가능 깊이(m, 최대 0.1m)

S = 식생수로의 종단경사

- ② 식생수로의 유속은 수질처리 유량(WQf)을 이용하여 결정하며 그 값이 $0.8m/s$ 이하가 되어야 한다.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{WQf}{W \times D} < 0.8m/s$$

여기서, Q = 유량 (m^3/s)

$0.8m/s$ = 식생수로 최대 허용 유속 당 폭 산정

- ③ 식생수로의 길이는 아래의 식으로 산정한다.

$$L = V \times Tr$$

여기서, L = 식생수로 길이(m)

Tr = 유하시간(수리학적 체류시간)(sec)



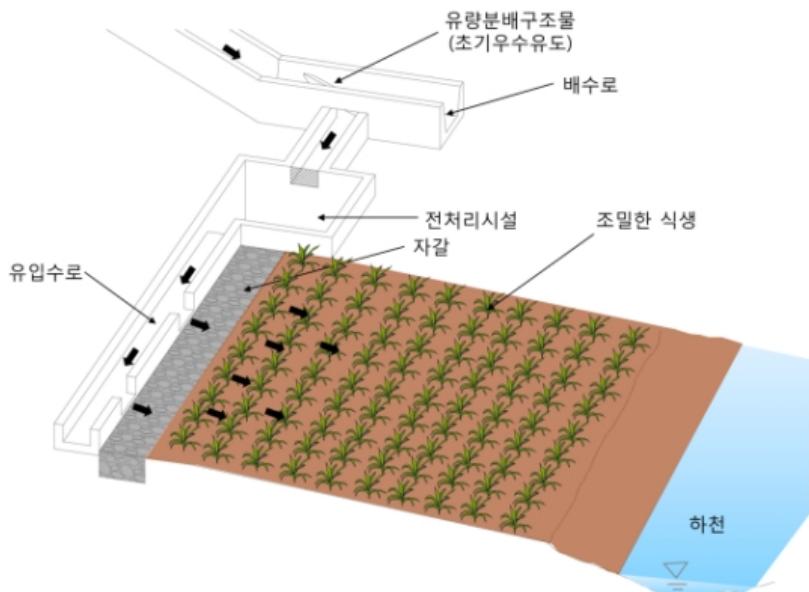
〈그림 3.10〉 식생수로 설치사례

3.3.3 식생여과대

- 가. 식생여과대는 강우유출수를 균일하게 분배하여 유입시킬 수 있도록 한다.
- 나. 식생여과대의 흐름방향 경사는 2~5% 범위로 한다.

【해설】

- 식생여과대(Vegetated Filter Strip)는 강우유출수를 조밀한 식생으로 덮인 일정한 경사의 지표면으로 흐르게 하여 식생 및 토양에 의한 여과 및 침투 작용 등으로 강우유출수의 오염물질을 제거하는 시설이다.
- 식생여과대는 강우유출수가 균일하게 경사진 지표면으로 고르게 흐르도록 하여야 하므로 일정 규모 이상의 부지를 확보한다. 도로와 하천 사이에 충분한 여유부지가 있을 경우 식생여과대로 활용할 수 있다.



〈그림 3.11〉 식생여과대 개념도

- 식생여과대에서의 강우유출수 흐름은 여과대 표면으로 얇고 넓게 이루어져야 오염물질 제거효과가 있으므로 강우유출수를 균일하게 분배하여 유입시킬 수 있는 수로를 설치한다. 유입수로 설치시 유입수로의 최소폭은 0.3m로 한다.
- 강우유출수를 식생여과대로 균일하게 유입시킬 수 있는 경우는 도로로부터 강우유출수를 직접 유입시켜 처리할 수 있다.
- 식생여과대의 흐름방향 경사는 경사가 급하면 고랑이 형성되어 세굴 문제 등이 일어날 수 있고 너무 완만하면 강우유출수가 여과대 표면에 정체될 수 있으므로 2~5% 범위로 설치한다.
- 식생여과대의 최소폭은 6m로 하고, 흐름방향의 길이는 최소 7.5m 이상이 되도록 한다.
- 식생여과대의 강우유출수 흐름유속은 0.4m/s 이하로 한다.
- 식생여과대의 말단부에 오염물질의 체류시간을 증가시키기 위해 투수성 뚁을 설치할 수 있다. 뚁의 최대높이는 0.3m 이하로 한다.
- 식생여과대의 여과속도, 면적 등 식생과 토양에 의한 오염물질의 저감이 적절한지 검토한다. 수질처리 용량, 단위폭당 처리유량, 바닥폭, 최대유속, 식생여과대의 길이 등을 아래의 식을 이용하여 구한다.

① 단위 폭 당 유량 산정은 아래의 Manning's 공식을 이용한다.

$$q = \frac{1}{n} y^{\frac{5}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

여기서, q = 식생여과대 단위 폭 당 유량 ($m^3/s/m$),

y = 최대 허용수심(0.0254m)

n = 조도계수

S = 식생여과대의 흐름방향 경사

② 식생여과대의 바닥 폭은 단위폭당 유량과 수질처리 유량(WQf)을 이용하여 산정한다.

$$q = \frac{Q}{W} \rightarrow W = \frac{WQF}{q}$$

여기서, WQf = 수질처리 유량(Water Quality Flow, m^3/s)

W = 식생여과대 바닥 폭(m)

q = 식생여과대 단위 폭 당 유량($m^3/s/m$)

③ 식생여과대에서의 유속은 식생여과대 단위 폭당 유량과 최대 허용 수심을 이용하여 산정하며 $0.4m/s$ 이하가 되도록 설계한다.

$$V = \frac{q}{y} < 0.4m/s$$

여기서, V = 식생여과대 유속(m/s)

q = 식생여과대 단위 폭 당 유량($m^3/s/m$)

y = 최대 허용수심(0.0254m)

④ 식생여과대의 길이는 소단이 있는 경우와 없는 경우로 구분하여 산정한다.

(1) 소단이 없는 경우

$$Tr = \frac{L}{V}, \quad L = V \times Tr$$

여기서, V = 식생여과대 유속(m/s)

Tr = 유하시간(sec)

L = 식생여과대 길이(m)

(2) 소단이 있는 경우

소단의 높이를 산정한 후, 수질처리 용량의 절반(50%)이 소단에 의해 차집되도록 설계한다.

$$\frac{WQv}{2} = \frac{1}{2} W \times h \times L$$

$$WQv = W \times h \times L$$

$$L = \frac{WQv}{W \times h}$$

여기서, WQv = 수질처리 용량(m^3),

L = 식생여과대 길이(m),

W = 식생여과대 폭(m),

h = 소단의 높이(m)



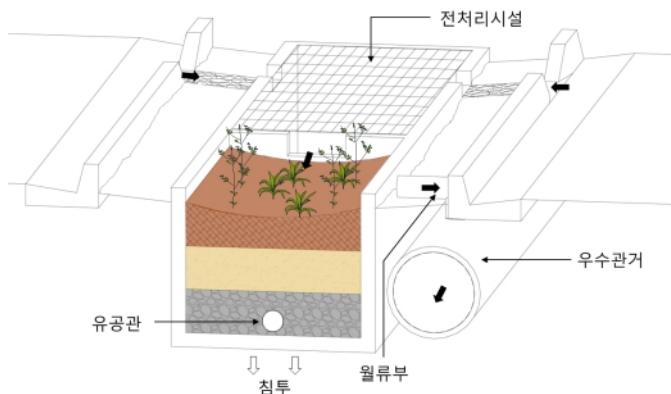
〈그림 3.12〉 식생여과대 설치사례

3.3.4 식생체류지

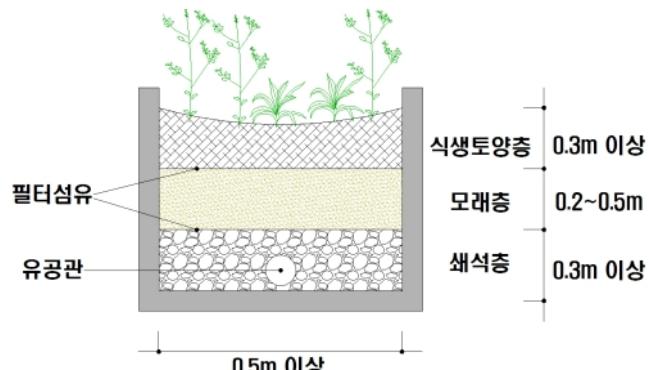
- 가. 식생체류지는 토양층, 모래층, 자갈층 등으로 구성된다.
- 나. 식생체류지의 폭은 최소 0.5m 이상으로 하고, 깊이는 최소 0.8m 이상으로 한다.
- 다. 식생체류지의 식생은 초본 또는 관목으로 구성한다.

【해설】

- 식생체류지는 식물이 식재된 토양층과 모래층 및 자갈층 등으로 구성되며, 강우유출수가 식재토양층과 하부토양층으로 침투되는 과정에서 비점오염 물질이 저감되는 시설이다. 빗물정원(Rain Garden)도 본 시설에 속하며 동일한 설계기준을 따른다.
- 식생체류지의 폭은 최소 0.5m 이상으로 하고, 깊이는 최소 0.8m 이상으로 한다. 식생체류지의 자갈층 두께는 0.3m 이상, 모래층 두께는 0.2m 이상, 토양층 두께는 0.3m 이상으로 설치한다. 물의 저류 및 침투를 위하여 내부 공극율은 최소 35% 이상을 확보한다.



〈그림 3.13〉 식생체류지 개념도



〈그림 3.14〉 식생체류지 단면도

- 식생체류지는 주거 및 상업지역의 보도, 주차장, 수변공간의 도로 인근에 적용이 가능하며, 도심지 경관을 향상시킬 수 있는 친환경적인 시설이다.
- 식생체류지의 식생은 초본 또는 키가 1.2m 이하인 관목으로 조성하며, 초본과 관목을 조합하여 식재할 수 있다.
- 식생체류지의 형상은 원형, 각형 등 현장에 따라 다양하게 계획할 수 있으나, 단락류(short circuiting)를 방지하고 충분한 처리시간을 확보하도록 한다.

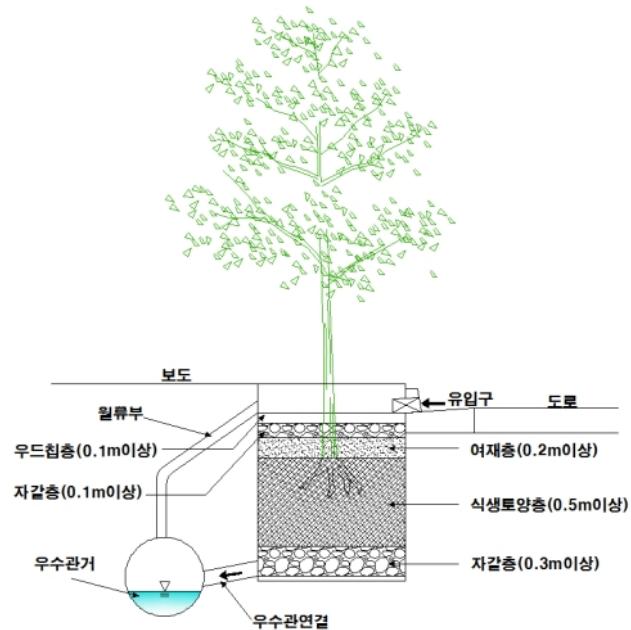
3.3.5 나무여과상자

- 가. 나무여과상자는 유입수로 인한 침식 등을 방지하기 위하여 표면에는 최소 5cm 두께의 우드칩과 자갈층을 둔다.
- 나. 나무여과상자는 유입된 강우유출수를 여과·침투시킨 후 기존 우수관으로 유출 되도록 한다.
- 다. 나무여과상자의 규모는 폭 1m와 높이 1m를 기준으로 하며 수질처리 용량에 적합하도록 깊이를 산정한다.
- 라. 나무여과상자는 강우량이 많아 설계유입량을 초과할 경우를 대비하여 월류시설을 설치하여 월류된 강우유출수가 기존 우수관로로 배수될 수 있도록 한다.
- 마. 나무여과상자 내 수목은 가뭄, 침수, 염분에 내성이 있는 것으로 선정하며, 수목의 뿌리가 지나치게 빨리 성장하는 수목은 피한다.

【해설】

- 나무여과상자는 교목 또는 큰 관목이 식재된 상자를 매립하여 식재토양층의 여과 및 나무의 생화학적 반응을 통해 강우유출수에 포함된 오염물질을 저감시키는 시설이다.
- 나무여과상자는 주로 맨홀 등의 시설로 유입되기 전 가로수 조경공간에 설치되므로 추가적인 부지소요가 적어 시가화 지역의 도로에 적용하기 용이한 시설이다.
- 나무여과상자는 상부로부터 저류층(최소 15~30cm 이상), 우드칩층(최소 10cm 이상), 자갈층(최소 10cm 이상), 여과재층(최소 20cm 이상), 식재토양층(최소 60cm 이상), 자갈층(최소 30cm 이상) 등으로 구성된다. 물의 저류 및 침투를 위하여 내부 공극율은 최소 35% 이상을 확보한다.

- 나무여과상자는 하층 토양으로 강우유출수를 침투시키지 않으므로 하층 토양의 침투율이나 지하수위로부터의 이격거리 등은 고려할 필요가 없다



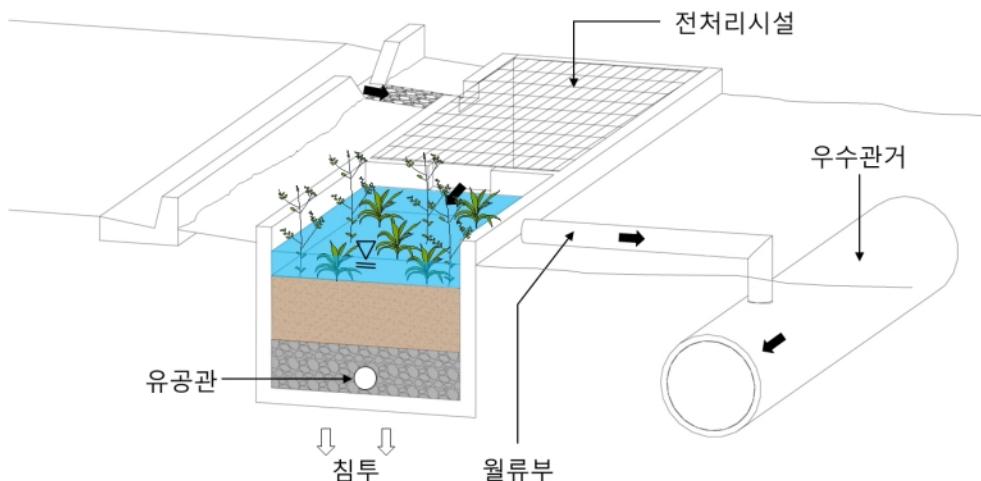
〈그림 3.15〉 나무여과상자 개념도

3.3.6 식물재배화분

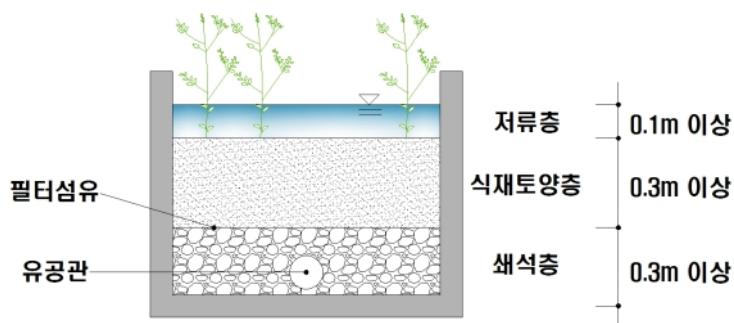
- 가. 식물재배화분의 폭은 최소 50cm 이상으로 설치한다.
- 나. 식물재배화분은 조본과 관목으로 식재한다.
- 다. 식물재배화분의 침투와 관련된 사항은 침투시설의 공통설치기준을 따른다.

【해설】

- 식물재배화분은 식물이 식재된 토양층과 그 하부를 자갈로 채워 강우유출 수를 식재토양층 및 지하로 침투시켜 오염물질을 저감시키는 시설이다.



〈그림 3.16〉 식물재배화분 개념도



〈그림 3.17〉 식물재배화분 단면도

- 식물재배화분은 주거 및 상업지역의 보도, 주차장, 수변공간의 도로 인근에 적용이 가능하며, 도심지 경관을 향상시킬 수 있는 친환경적인 시설이다.
- 식물재배화분의 형상은 원형, 각형 등 현장에 따라 다양하게 계획할 수 있으나, 단락류를 방지하고 충분한 처리시간을 확보하기 위하여 식물재배화분의 폭은 최소 50cm 이상이 되도록 설치한다.
- 식물재배화분은 상부로부터 저류층(최소 15~30cm 이상), 식재토양층(최소 30cm 이상), 하부 자갈층(최소 30cm 이상)으로 구성한다.
- 식물재배화분의 바닥경사는 모든 방향에서 0.5% 이하가 되도록 한다. 또한, 물의 저류 및 침투를 위하여 내부 공극률은 최소 35% 이상이 되도록 한다.
- 식물재배화분은 현장여건에 따라 식물재배화분을 에워싼 벽이 있거나 없는 시설, 좁은 저류지 같은 시설 등 그 형태와 구성에 따라 다양하게 적용할 수 있다.

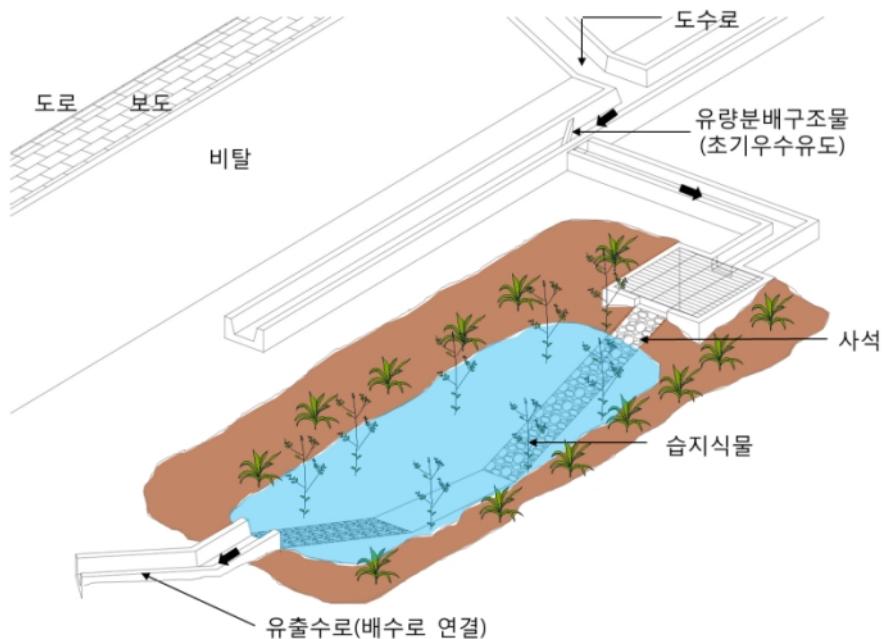
3.4 저류시설

- 가. 저류지는 계획최대수위를 고려하여 제방의 여유고가 0.6m 이상이 되도록 설치한다.
- 나. 저류지는 강우유출수가 유입되거나 유출될 때에 시설의 침식이 일어나지 않도록 유입·유출구에 응덩이 또는 사석을 설치한다.
- 다. 저류지의 호안은 침식되지 않도록 식생 등의 방법으로 사면을 보호한다.
- 라. 저류지는 오염물질 처리효율을 높이기 위하여 길이 대 폭의 비율은 1.5 : 1 이상이 되도록 하며, 저류지의 수심은 1.2~1.8m 범위 이내가 되도록 한다.

【해설】

- 저류지(Stormwater pond)는 강우유출수를 저류시킨 후 침전 및 생물학적 과정을 통해 비점오염물질을 저감하는 시설을 말한다. 저류시설은 저비용으로 고효율의 강우유출수 관리를 할 수 있는 자연친화적 시설로 경관성과 심미적인 효과를 기대할 수 있다.
- 저류시설의 상부에는 낙엽, 쓰레기, 조류 등의 부유물질이 있을 수 있으며 이런 부유물질이 공공수역으로 유출되지 않도록 여과망이나 쇄석 등을 이용한 여과시설을 설치한다.
- 저류시설은 시설의 처리용량 이상의 강우유출수가 유입될 경우를 대비하여 우회배수시설을 설치한다. 저류시설은 시설의 기능을 지속적으로 유지하기 위하여 퇴적토와 침전물의 정기적인 제거가 중요하여 이를 위한 유지관리용 도로를 설치한다.
- 저류시설은 저류지 바닥의 퇴적토 및 침전물의 제거 등의 유지관리를 위하여 배수관 등의 비상배수시설을 설치한다. 저류시설은 물이 저류되어 있는 공간으로 익사 사고 등의 안전사고에 대비하기 위하여 올타리를 설치하고 안내 경고판을 설치한다.

- 저류지는 도로 주변에 일정 면적의 부지를 확보하여 설치하며, 굴착하거나 저류지 가장자리에 소규모 제방을 쌓아 설치한다.



〈그림 3.18〉 저류시설의 개념도

- 저류지내 유로경사는 0.5~1.0%로 하고, 유입구와 유출부는 충분히 멀리 떨어져 있어야 하며, 세굴이 발생하지 않도록 웅덩이 또는 사석을 설치한다.
- 저류지 설계시 시설 가장자리나 시설의 얕은 지역 내에는 습지식물을 식재하여 처리효율을 높이고 경관을 향상시킨다.

- 저류지의 시설규모산정은 다음과 같다.

$$WQv = PI \times A \times 10^{-3}$$

WQv : 수질처리 용량 (m^3)

PI : 설계강우량으로부터 환산된 누적유출고(mm)

A : 배수면적(m^2)

- 저류지의 소요수표면적산정은 다음과 같다.

$$A = 12 \frac{Q}{Vs}$$

A : 저류시설 최소 소요 수면적 (m^2)

Q : 침사지 설계대상 유량 (m^3/s)

Vs : 포착대상 입경의 침강속도 (m/s)



〈그림 3.19〉 저류지 설치사례

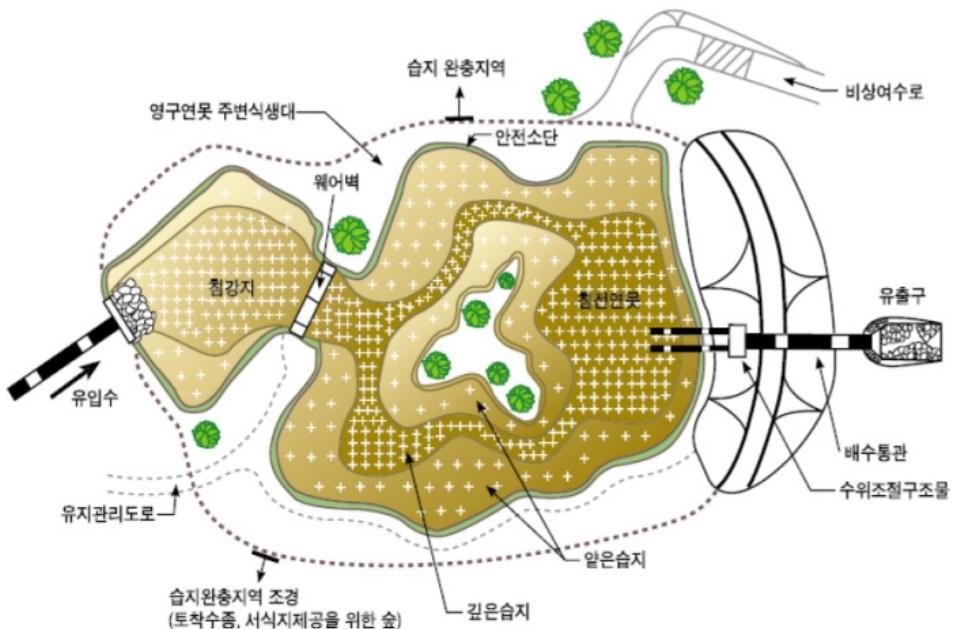
3.5 인공습지

- 가. 인공습지의 유입구에서 유출구까지의 유로는 최대한 길게 하고, 유로폭은 최소 1m 이상으로 한다.
- 나. 인공습지는 다양한 생태환경 조성을 위하여 습지 내 각 저류공간에 수질처리 용량을 적절히 할당하고 다양한 수심이 유지될 수 있도록 한다.
- 다. 인공습지의 유입부에서 유출부까지의 경사는 0.5% 이상 1.0% 이하의 범위를 초과하지 않도록 한다.
- 라. 인공습지는 처리효율을 높이기 위하여 다양한 수생식물을 조성한다.

【해설】

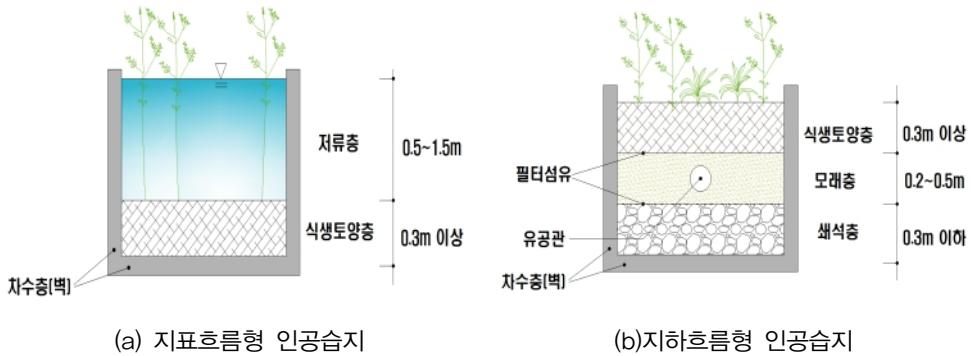
- 인공습지(Stormwater Wetland)는 강우유출수를 처리하기 위하여 인위적으로 얕은 습지를 조성하는 것으로, 침전, 여과, 흡착, 미생물 분해, 식생식물에 의한 정화 등 자연 상태의 습지가 보유하고 있는 정화능력을 이용하여 오염물질을 저감하는 시설을 말한다.
- 인공습지의 구성과 형상은 저류지와 유사하나, 다양한 생태환경 조성을 위해 다양한 수심과 습지식생을 조성한다는 점에서 다르다.
- 인공습지에는 지표흐름형 인공습지(Free Water Surface), 지하흐름형 인공습지(Sub-surface Flow)가 있다.
 - 지표흐름형 인공습지는 수표면이 대기에 노출된 연못형태의 습지를 의미하며, 오염물질은 유로를 통해 흐르면서 차단과 침전, 식물과 미생물의 활동 등을 통해 제거된다. 일반적으로 얕은 습지(수심 0 ~ 0.3m)와 깊은 습지(수심 0.3 ~ 1.0m), 깊은 못(수심 1.0 ~ 2.0m)의 조합으로 구성되며, 얕은습지에서는 식생이 뿌리가 토양층에 활착하여 성장하는 습지식물을 식재하고, 깊은습지에서는 부유성 습지식물 또는 식물섬을 식재한다.

- 지하흐름형 인공습지는 흐름이 여과재충내를 수평으로 흐르며 여과와 식생 및 미생물을 통해 오염물질이 제거되는 습지이다. 여과재충은 상부에 식생 토양층, 여과재층, 쇄석자갈층 등으로 구성되며 전체적인 깊이는 1.5m 이내가 되도록 구성한다. 안정적 물의 분배를 위하여 여과재충내에 유공관을 설치하여 유입수를 분배할 수 있다. 또한 초기강우내 입자상물질에 의한 여과재충 폐색을 줄이기 위하여 침강지내 충분한 저류공간을 확보하여야 하며, 여과재충으로는 용존성 입자가 유입되도록 모래 등을 이용하여 설계한다. 이 경우 충진층의 설계는 여과형 시설의 기준을 따른다.



〈그림 3.20〉 인공습지 개념도

(출처 : 국립환경과학원, 2010)



- 인공습지는 생태계의 상호작용 및 먹이사슬로 수질정화가 촉진되도록 정수식물, 침수식물, 부엽식물 등의 다양한 수생식물을 조성한다. 인공습지에 식재할 식물은 생장 잠재력, 생존력, 식재비용 등을 고려하여 선정한다. 또한, 식재시 뿌리를 내리는데 충분한 시간을 확보하여 겨울을 날 수 있도록 한다.
- 인공습지에 습지식물을 조성할 때에는 오염물질 제거효율이 높도록 식생을 조성하며, 이 경우 입자상물질과 질소와 인 등의 영양염류의 거동특성을 반영한다. 즉, 식물의 밀도가 큰 식물은 흐름의 앞쪽에 배치하고, 영양염류의 흡수가 높은 식물은 습지의 뒤쪽에 식재한다.
- 인공습지에 이용 가능한 식생의 종류에는 정수식물, 부유식물, 부엽식물, 침수식물, 습지식물 등이 있다.

① 정수식물(추수식물 emerged plant)

- 식물의 뿌리는 수중에 있고 줄기와 엽병이 수면 위로 올라와서 생장하는 종으로 근경에 의해 번식하여 세력을 확장시켜 군락을 이룬다.
- 종류: 갈대, 물억새, 제비꽃, 노란꽃창포, 부들, 애기부들, 세모고랭이 줄, 텔부처꽃, 고마리 등
- 단, 줄은 벼과 식물로 벼도열병의 매개체가 될 우려가 있으므로 식재시 주의가 필요함

② 부유식물(surface floater)

- 식물이 어느 한 곳에 정착하지 않고 뿌리를 수중에 두고 완전히 수면의 위를 떠서 생활하거나 간혹 다른 식물과 엉켜 살기도 하는 종으로 개구리밥과 같은 종류는 자연발생적으로 생기는 경우가 많으므로 굳이 연못 조성의 식재 계획에서 제외하여도 무관하다.
- 종류: 개구리밥, 물개구리밥, 큰물개구리밥, 부레옥잠, 생이가래 등

③ 부엽식물(floating leaved plant)

- 부엽식물은 근경을 수중의 토양에 내리고 줄기와 엽병을 신장시켜 잎과 생식기관이 물 밖으로 나오게 하는 식물로 수심 1m 내에서 생육하고 번식기가 되면 생식기관은 물 밖으로 뜨거나 공기 중에 완전히 노출된다. 부유식물과 함께 심수지역에 식재하고, 연못 조성시 처음에는 단을 쌓아 수심을 낮게 하였다가 식물체가 커가면서 단을 내려 주도록 한다.
- 종류: 연꽃, 노랑어리연꽃, 수련, 각시수련, 마름, 순채 등
- 연꽃은 다년생 식물이나 일부 종은 단년생으로 고사할 경우 고사체 제거 및 유지관리가 곤란할 수 있음

- 인공습지 유입부의 관경은 계획시간 최대우수량과 Manning's 공식($Q=A \cdot V$)을 이용하여 계산된 유속을 통해 결정한다.

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} I^{1/2}$$

여기서, A : 유입부 관경 Q : 최대 우수량

V : 유속(m/s) n : Manning 조도계수

R ($=A/P$: A는 단면적(m^2), P는 윤변(m)) : 경심

I : 관로경사



〈그림 3.22〉 인공습지 설치사례

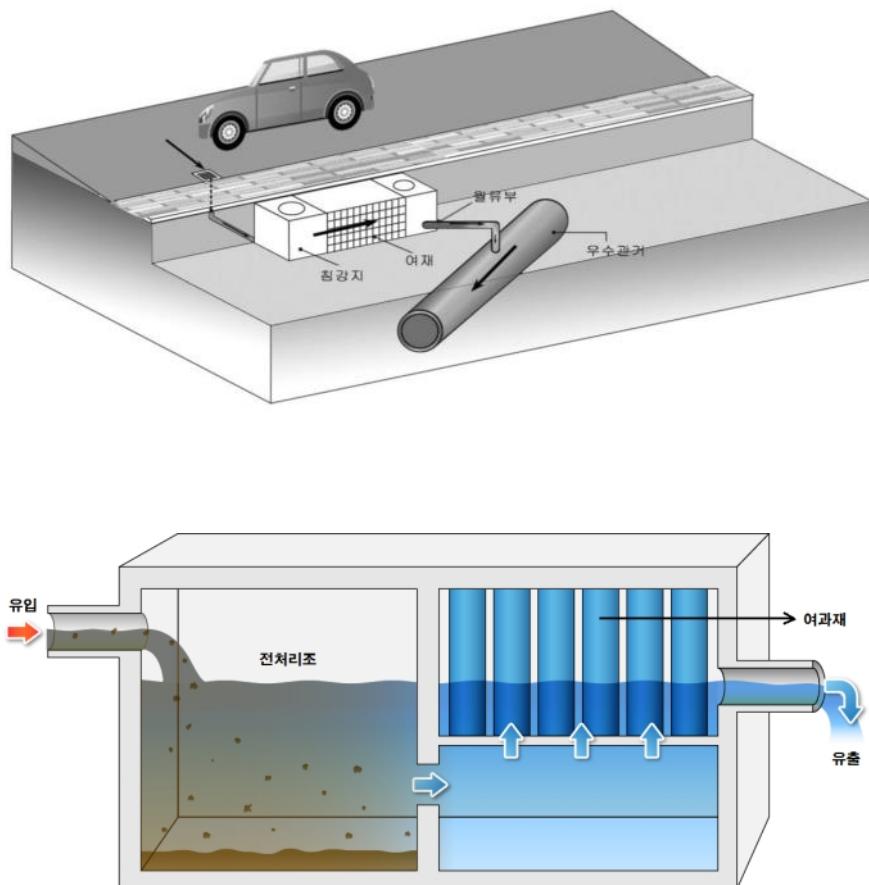
3.6 기타시설

- 가. 자연형 비점오염저감시설의 설치가 어려운 경우에는 여과형시설, 와류형시설, 스크린형시설 등의 설치를 고려할 수 있다.
- 나. 시설의 제거효율, 공사비 및 유지관리비용 등을 고려하여 저장용량, 체류시간, 여과재 등을 결정하여 설치한다.
- 다. 여과재 및 저류조 등의 교체·정소 등 유지관리가 가능한 구조로 설치되어야 한다.

【해설】

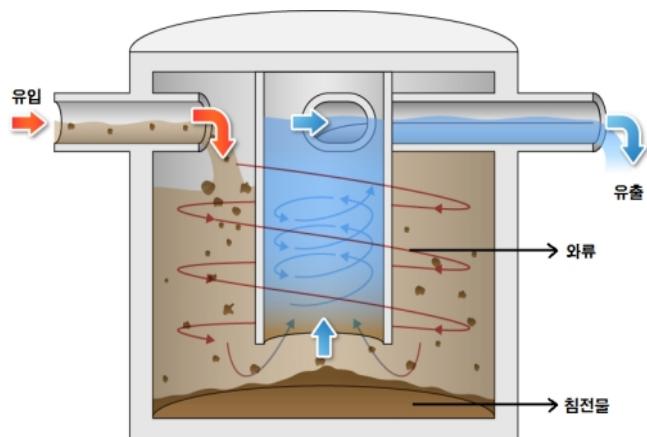
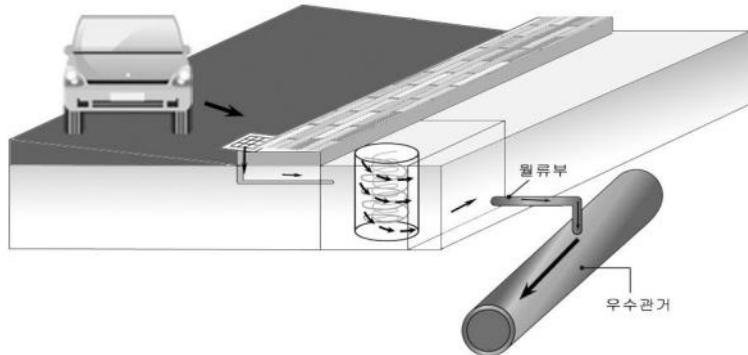
- 교량, 터널, 시가화 지역 등 자연형 비점오염저감시설을 설치하기 어렵거나 비효율적인 경우에 적용 가능한 기타 시설로는 여과형시설, 와류형시설, 스크린형시설 등이 있다.

- 여과형시설은 강우유출수를 집수조 등에서 차집한 후 모래, 토양, 기타여재 등의 여과재를 통해 여과하여 비점오염물질을 저감하는 시설이다. 지하에 설치되는 여과형시설의 경우 여과재 카트리지 교체의 어려움 등으로 인하여 적정하게 유지관리가 수행되지 못하여 효율이 낮을 수 있기에 선정시 신중을 기하여야 한다.



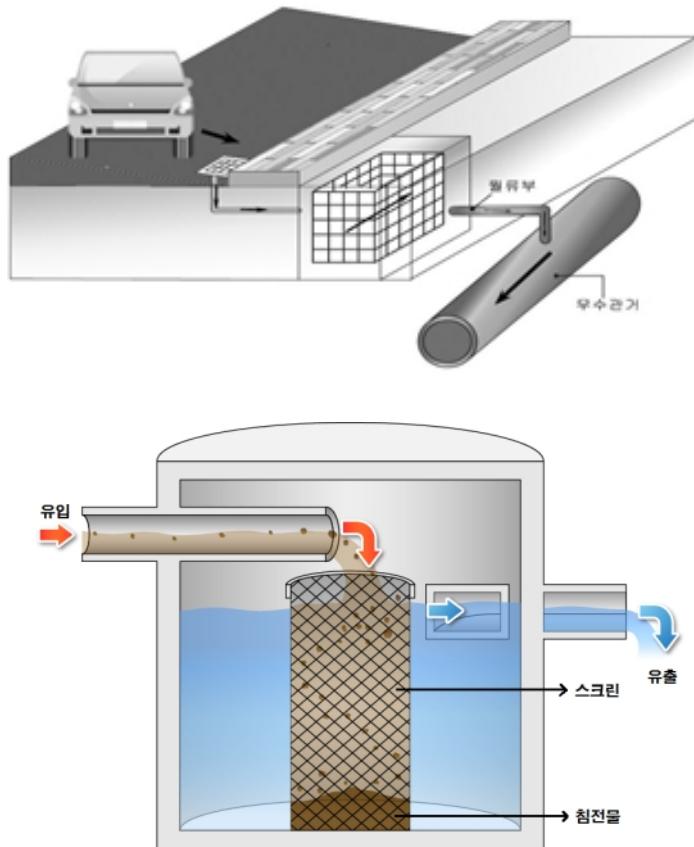
〈그림 3.23〉 여과형시설 개념도

- 와류형시설은 중앙회전로의 움직임으로 와류가 형성되어 기름·그리스 등 부유성 물질은 상부로 부상시키고, 폐기물은 하부로 침전·분리시켜 비점 오염물질을 저감하는 시설이다. 와류형시설은 초기 강우유출수의 고형물 처리에 효과가 있으며, 특히 입자가 크고 비중이 높은 고형물의 처리에 사용될 수 있다. 와류형시설은 시설 하부의 퇴적물을 주기적으로 제거하고 유입 및 유출부의 쓰레기 등을 수시로 제거하지 않으면 시설의 기능을 정상상태로 유지할 수 없는 등 자연형 시설에 비해 유지관리가 어려운 점을 고려해 선정시 신중을 기하여야 한다.



〈그림 3.24〉 와류형시설 개념도

- 스크린형시설은 망의 여과·분리 작용으로 비교적 큰 부유물이나 쓰레기 등을 제거하는 시설로서 주로 다른 비점오염저감시설의 전처리에 사용하는 시설이다. 스크린형시설에는 제거대상 물질의 종류에 따라 적정한 크기의 망을 설치한다. 스크린형시설은 망이 막히지 않도록 시설에 의해 걸러진 부유물이나 쓰레기 등을 수시로 제거하지 않으면 시설의 기능을 정상상태로 유지할 수 없는 등 자연형 시설에 비해 유지관리가 어려운 점을 고려해 선정시 신중을 기하여야 한다.



〈그림 3.25〉 스크린형시설 개념도

3.7 도로청소

- 가. 도로청소는 교량, 터널, 도시부 지역 등 비점오염저감시설 설치가 어렵거나 비점오염저감시설 설치가 비효율적인 지역의 비점오염저감대책으로 고려할 수 있다.
- 나. 도로청소 주기는 도로유형, 교통량을 분석하여 정기적으로 실시한다. 특히, 기상 조건을 고려하여 집중강우가 시작되기 전과 동절기 이후 실시한다.

【해설】

- 도로청소는 살수에 의한 방법과 진공흡입식 청소차에 의한 방법으로 구분 할 수 있다.
 - 물청소차 등을 이용한 살수에 의한 청소 방법은 합류식 관거지역에만 적용할 수 있으며 살수한 청소수가 하천으로 유입될 우려가 있을 경우에는 적용하지 않아야 한다. 또 살수에 의한 방법은 도로에 물튀김으로 인한 민원의 발생우려가 있으므로 주의하여야 한다.
 - 발주기관이 기술적 검토를 통해 비점오염저감시설 설치가 어렵다고 판단 되는 경우 진공흡입식 청소차에 의한 방법은 도로 비점오염저감시설의 설치를 대체할 수 있다. 이 방법은 도로주변 관거의 형태와 도로의 특성에 관계없이 적용할 수 있으나, 저속의 청소차 운행으로 인한 해당 도로 구간의 교통체증을 유발할 가능성이 있으므로 주의하여야 한다.
- 도로노면 청소주기는 주 1회 이상을 원칙으로 하되, 도로유형, 교통량, 쓰레기양, 청소장비 및 인력 등을 고려하여 해당 도로관리청에서 도로노면 청소 횟수를 결정할 수 있다.

- 또한 강우시에는 도로 청소를 피하고, 집중강우가 시작되기 전과 동절기 이후 3~4월에 집중적으로 실시하며, 특히 교통량이 많은 지역이나 낙엽 및 침식으로 인해 오염증가가 우려되는 지역은 청소횟수를 증가시킨다.
 - 도로 청소차의 운행방법은 기관별 도로관리 운영계획 등에 따라 별도로 운영한다.
- ※ 도로청소 주기 등 관련계획은 도로유형, 교통량, 강우, 지형 등 지역특성을 감안하여 도로관리청이 수립할 수 있도록 별도의 연구를 거쳐 관련기준을 추가로 마련할 예정임.

제4장 도로 비점오염저감시설의 유지관리

4.1 일반사항

도로 비점오염저감시설은 저감시설의 기능과 효율을 유지하기 위하여 도로청소, 토사제거, 식생관리, 폐기물 제거, 여과재 교체 등의 유지관리를 정기적으로 수행한다.

【해설】

- 비점오염원 설치신고를 위해 설치된 비점오염저감시설은 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 시행규칙」 제76조에 따라 관리·운영한다.
- 수질오염총량관리 지역개발부하량 할당 협의를 위해 설치된 비점오염저감시설은 「오염총량관리 시행계획 이행평가기준」 제4조 및 제7조에 따라 관리·운영한다.
- 도로에 설치되는 비점오염저감시설의 기능과 효율을 유지하기 위하여 실시해야 하는 유지관리 사항에는 토사제거, 폐기물 제거, 식생관리, 여과재부교체 등이 있다.
 - 유지보수 차량의 접근을 위한 차량 진입로를 확보하며, 차량 진입로의 확보가 불가능한 경우 유지관리 인력의 접근로를 확보한다.
 - 저감시설의 기능이 유지될 수 있도록 전처리시설 및 오염저감시설의 토사 및 폐기물을 제거한다.
 - 유입 및 유출 수로의 폐기물, 쓰레기 등을 도로 청소시 수시로 제거한다.
 - 식생이 조성되는 시설의 경우, 고사체 및 침입식생 제거, 제초작업 등 식생관리를 수행한다.
 - 준설한 토사 및 폐기물은 「폐기물관리법」의 규정에 맞도록 처리한다.

- 도로 비점오염저감시설의 유지관리는 시설별 유지관리계획을 수립하여 강우 전후에 비점오염저감시설물을 점검하며, 점검결과를 기록하여 2년간 비치한다.
- 특히, 집중호우로 강우유출량이 크게 발생될 경우에는 시설의 안전 및 기능 유지를 위하여 긴급 점검을 수행한다.
- 도로 비점오염저감시설의 점검 결과 시설물이 파손되었거나 식물이 고사되는 등 시설물의 기능을 유지하기 어렵게 되었을 경우에는 보수보강 등을 통해 기능이 회복되도록 신속히 조치한다.
- 도로 비점오염저감시설의 유지관리 체크리스트는 부록(1)을 참고한다.
- 도로 비점오염저감시설의 모니터링은 다음과 같은 내용을 포함한다.
 - 일반적 수질 모니터링
 - 시설의 효율적 운영이 가능하도록 수행하는 점검내용(시설의 보수보강, 여과재교체 등)에 대한 증빙 사진
- 도로 비점오염저감시설의 수질 및 유량조사가 요구될 시에는 부록(2)의 ‘도로 비점오염저감시설의 모니터링’을 참조하여 시설의 상류 및 하류지점에서 실시한다.

4.2 도로 비점오염저감시설의 유지관리 점검사항

도로 비점오염저감시설의 시설별 점검사항은 전처리시설 내 퇴적물 관리, 폐기물 관리, 식생관리, 여과재관리, 시설관리 등이 있다.

- 설치된 도로 비점오염저감시설에 대해서는 시설 내 퇴적물 관리, 폐기물 관리, 식생관리, 여과재관리, 시설관리 등의 유지관리를 수행한다.

〈표 4.1〉 비점오염저감시설의 관리항목

구분	시설	퇴적물관리		폐기물 관리	식생 관리	여과재 관리	시설관리	
		전처리 시설내	침강 지내				표면 관리	구조물 관리
침투시설	침투도랑	●		●		●	●	
	침투저류지	●		●				
	유공포장						●	●
식생 시설	식생수로	●		●	●		●	
	식생여과대	●		●	●		●	
	식생체류지	●		●	●	●	●	●
	나무여과상자	●		●	●	●	●	●
	식물재배화분	●		●	●		●	●
저류시설	저류지		●	●				
인공습지	인공습지		●	●	●		●	
장치형 시설	여과형시설	●		●		●	●	
	와류형 시설	●		●				●
	스크린형 시설	●		●				●

4.3 퇴적물 관리

- 가. 전처리시설(침강지)을 주기적으로 점검하여 시설 내 퇴적물의 축적시 이를 제거 한다.
- 나. 전처리시설(침강지)의 퇴적물은 집중호우가 예상되는 장마기간 이전(6월경)에 집중 제거한다.

【해설】

- 전처리시설(침강지) 내에 축적된 퇴적물은 저류 공간 축소와 후속공정의 부하를 증가시키므로 주기적인 제거가 필요하다.
- 특히, 집중호우로 인하여 퇴적물이 오염저감시설 내부로 유입될 시 오염 저감시설의 기능과 효율에 영향을 미칠 수 있으므로 집중호우가 예상되는 장마기간 이전(6월경)에 전처리시설(침강지) 내 퇴적물을 제거한다.
- 전처리시설(침강지) 내 퇴적층이 15cm 이상이 되었거나, 저류공간이 60% 이내 남을 경우 퇴적물을 제거함을 원칙으로 한다.
- 전처리시설(침강지) 내 퇴적물 제거 작업 시에는 작업자가 위험한 유독 가스 등에 노출되지 않도록 작업자 안전을 반드시 고려하여야 한다.

4.4 폐기물 관리

도로 비점오염저감시설의 유입, 유출부 및 시설 부지 전반의 폐기물 및 퇴적물은 수시로 제거하며, 특히 장마 또는 태풍을 전후하여 전반적인 시설점검을 수행한다.

【해설】

- 도로 비점오염저감시설의 기능을 정상적으로 유지하기 위하여 시설 부지 내에 존재하는 각종 폐기물은 수시로 점검하여 제거한다.
- 특히, 집중호우가 예상되는 장마 또는 태풍 전후에 집중적으로 관리하고 제거된 폐기물 및 퇴적물은 「폐기물관리법」에 의거하여 처리한다.



〈그림 4.1〉 시설 유입부 폐기물 및 퇴적물

4.5 식생 관리

- 가. 도로 비점오염저감시설의 식생이 안정화되는 기간에는 식생이 빠른 시간 내에 정착할 수 있도록 유도한다.
- 나. 도로 비점오염저감시설 주변의 식생이 과다하게 번성할 경우 식생을 관리하며, 동절기에는 식생 고사체를 제거·정리한다.
- 다. 도로 비점오염저감시설의 식생조성계획에 반영되지 않은 침입식생이 성장할 경우 이를 제거함을 원칙으로 한다.

【해설】

- 도로 비점오염저감시설에 식생을 조성하는 경우에는 식생을 운반하여 식재하는 과정에서 식생이 시들기 쉽기 때문에 식재 후 활착이 이루어질 때까지 물주기 등 식생성장 관리를 통해 식생이 빠른 시간 내에 정착되도록 하여 식생에 의한 오염물질 저감과 시설 표면의 침식 방지를 유도한다.
- 식생수로 및 식생여과대의 경우, 피복된 잔디의 90% 이상이 불량하거나 침입식생의 피복도가 10% 이상인 경우, 또는 퇴적물의 축적으로 인해 식생성장이 저해된 경우에는 이에 대한 원인을 규명하고, 고사체 및 침입식생을 「폐기물관리법」에 따라 처리하며, 침식 방지를 위해 식생을 재식재 한다.
- 도로 비점오염저감시설 내 잔디의 경우 키를 5~10cm 높이로 유지하고, 과다 번성할 경우 시설의 인지가 불확실하여 안전사고 등이 우려되므로 주기적으로 제초작업을 실시한다.
- 관목의 경우 도로를 이용하는 운전자의 시야 확보를 방해하는 등 안전성을 저해하고 다른 식생의 충분한 일조량을 방해할 수 있으므로 주기적으로 가지치기 등의 작업을 수행한다.

- 일정한 식물높이를 유지하기 위하여 6~7월과 8~9월경에 제초작업을 수행하고, 12월경에 식생 고사체를 제거한다. 제초 작업시 폐기물 및 쓰레기도 같이 제거하고, 제초작업 후에는 식물의 잔재물이 시설 내로 유입되는 일이 없도록 조치한다.
- 나무(관목)의 성장으로 인하여 유지관리활동에 어려움을 미치거나 시설 용량을 저해하고 병충해가 발생 되었을 경우 등에는 가지치기 또는 제거 작업을 실시한다. 특히, 제방 및 비상수로에 식재된 나무(관목)의 경우 뿌리 발달이 적은 키 120cm 이하의 나무(관목)를 식재하는 것이 바람직하며, 뿌리의 성장으로 인한 파이핑 현상 및 시설물의 파손 등의 문제가 발생 되었을 경우 즉시 제거한다.
- 시설에 식재되는 수생식물은 수종에 따라 차이는 있지만 지속적으로 개체수가 증가하며, 특히 하절기에는 과도한 성장이 발생할 수 있다. 인공 습지의 경우 수생식물의 과도한 성장은 수리학적인 흐름을 방해하게 되어 정체구역이 발생하거나 단회로 현상을 유발시킬 수 있으므로 식생관리가 요구된다.
- 인공습지의 경우 습지가 완공된 후 첫 1년 동안은 분기마다, 2~3년 동안은 반기마다, 4~5년 동안은 1년마다의 점검주기로 식재된 식물종의 생존율을 조사하는 것이 바람직하다. 인공습지 내 식생의 50% 이상이 고사되었을 경우 시설의 기능 및 설계를 재검토하거나 재식재한다. 또한, 병든 식물과 침입종의 제거 작업이 요구되며, 필요시 적절한 종을 선정 및 교체한다.
- 식생이 조성되는 비점오염저감시설의 경우, 설계시 고려하지 않은 식생이 성장할 시 제거함을 원칙으로 한다.

4.6 여과재 관리

여과재부의 일정한 침투속도 유지를 위하여 시설의 표층부 퇴적물을 주기적으로 제거하고, 여과재부의 투수계수 또는 투수용량 등을 주기적으로 조사하여 여과재부의 막힘 현상이 발생하지 않도록 한다.

【해설】

- 여과재관리는 강우 후 여과재로 유입된 물이 48시간 내 배수가 되지 않고 물고임 현상이 발생 되었을 경우 퇴적물을 먼저 제거하고, 퇴적물을 제거 한 후에도 물고임 현상이 지속된다면 양수시험을 수행하여 여과속도를 측정한다. 양수시험의 경우 평균 4시간동안 수행하며, 양수시험 결과 여과 속도가 40m/hr 이하일 경우 표층을 20~30cm 정도 걷어내고 새로운 여과재를 투입한다.
- 여과재 표면의 물 흐름이 고르지 않고 시설의 벽 또는 침식된 부분을 따라 흐르는 단락류 발생에 주의한다.
- 여과재 표면의 침식 및 세굴로 인하여 여과재에 5cm 이상의 깊이로 세굴 되거나 고랑이 형성되었을 경우에는 시설 표면을 정비하고 유량분배장치를 점검하여 재설치가 필요한지 살핀다.
- 침투시설의 경우 관측정을 통해 강우 후 배수속도 및 24~48시간 내 완전 배수 여부를 점검하고, 시설의 침투율이 90% 이하로 떨어질 경우 토사 퇴적 및 파손여부를 점검하고 필요시 여과재 및 필터섬유를 교체한다.
- 침투도량은 주기적으로 시설 표면 및 침투층에 부착되어 있는 퇴적물을 청소하고, 도량 상부의 여과재와 필터섬유를 교체하며, 교체된 여과재 및 필터섬유는 「폐기물관리법」에 따라 처리한다. 여과재 교체시 일반적으로 충진층을 5cm 정도 걷어내고 새로운 여과재를 투입한다.

- 식생시설 중에서 식생체류지, 나무여과상자, 식물재배화분 등은 일반적으로 표층을 7cm 정도 걷어내고 새로운 토양으로 교체하고, 토양의 투수성 저하 및 물고임 현상 등이 발생할 경우 토사 퇴적 및 파손여부를 점검하며 필요시 표층 및 필터섬유를 교체한다.



〈그림 4.2〉 시설 내부 막힘 현상

- 비점오염물질의 유입량, 유출량 및 제거율을 주기적으로 조사하여 유지 관리 일지에 기록한다.

4.7 시설관리

가. 표면 관리

도로 비점오염저감시설의 표면에 침전물질이 식생을 덮거나 침투 및 여과 용량을 감소시키면 침전물을 제거하고 강우 전·후 시설 표면의 침식 및 세굴 현상을 점검하여 관리한다.

【해설】

- 도로 비점오염저감시설의 표면에 침전 및 퇴적물이 축적되면 저류 공간 및 침투속도를 감소시키고 식생성장을 저해할 수 있으므로 이를 정기적으로 제거한다.
- 강우유출수의 유속이 집중될 경우 시설 표면에 침식 및 세굴 등이 발생될 수 있으므로 강우 전·후에 시설 표면의 점검 및 관리를 통하여 침식 및 세굴현상을 방지한다.
- 도로 비점오염저감시설의 표면에 5cm 이상의 깊이로 침식, 세굴 및 고랑이 형성되었다면 즉시 표면을 정비하고, 손상된 식생 부분을 재식재하며, 유량 분배 장치를 정비한다.

나. 시설 구조물 관리

도로 비점오염저감시설의 효율적인 운영 및 시설 주변의 안전을 위해서 정기적으로 시설의 구조물 및 주변을 점검한다.

【해설】

- 도로 비점오염저감시설 구조물의 보존 상태와 기능 유지 여부를 확인하기 위해 시설의 구조물 및 주변의 정기적인 점검을 실시한다.
- 도로 비점오염저감시설의 하부 구조물의 경우 시설주변으로부터 5~7cm 이상 침식 및 침하 여부를 조사하여 손상된 부분을 재다짐하거나 쇄석 또는 식생 보강 등의 복원 작업을 실시하며, 시설 구조물의 경우 균열, 손상, 누수 및 (동물에 의한)파손 등의 여부를 살펴 필요시 이를 신속히 수리 및 보수한다.
- 도로 비점오염저감시설의 하부 누수는 도로 구조체에 공동 등을 발생시켜 함몰사고의 원인이 되기도 하므로 연결관이나 배수관이 하중이나 지반 침하에 의해 파손되지 않도록 주의한다.

4.8 도로 청소

- 가. 비점오염원 사전예방 차원에서 강우유출수 발생이전의 비점오염원 관리와 비점오염저감시설의 효율적 관리·운영을 위해 도로청소 계획을 수립한다.
- 나. 도로청소는 별도의 유지관리를 필요로 하는 시설물의 설치가 없이 도로 비점오염물질을 저감하는 방법이므로 시설물을 설치하는 방법에 비해 유지관리면에서 유리하다.

【해설】

- 도로청소차량, 차량운전자, 수거물 적치장, 수거물 처리방법 등을 종합적으로 고려하여 도로청소 계획을 수립한다.
- 도로에 주차된 차량은 도로청소차의 운행을 방해하여 청소효율을 저감시키므로 청소기간에 대상도로 내 주차를 제한하는 주차정책을 수립하여 시행한다.
- 도로청소 후 적치장으로 운반된 수거퇴적물이 적절하게 처리하여야 한다.
- 수거퇴적물 적치장에서 비점오염물질이 유출되지 않도록 적정하게 관리하여야 한다.

● 참고문헌 ●

1. 국립환경과학원, 수질오염총량관리기술지침, 2014
2. 국토해양부·환경부, 환경친화적인 도로건설 지침, 2010
3. 소방방재청, 우수유출 저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준, 2010
4. 한국건설기술연구원, 수변구역 LID 적용 마스터플랜 수립 용역, 2012
5. 한국도로공사, 비점오염 저감시설 설치기준(잠정), 2011
6. 환경부, 비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼, 2014
7. 환경부, 저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인, 2013
8. 환경부·국립환경과학원, 수질오염총량관리를 위한 개발사업 비점오염원 최적관리지침, 2010
9. 환경부·국립환경과학원, 수질오염총량관리를 위한 비점오염원 최적관리지침, 2012
10. City of Seattle, Seattle Public Utilities Department of Planning & Development, Stormwater Manual Vol. 3 Stormwater Flow Control & Water Quality Treatment Technical Requirements Manual, 2009
11. http://www.casfm.org/stormwater_committee/images/img_p6799.gif
12. <http://seattlepostglobe.org/author/lisa-stiffler/>
13. <http://wildhomestead.org/conservation-issues/drainage-philosophy/ditches-and-streams-in-louisiana/>
14. <http://www.unce.unr.edu/programs/sites/nemo/files/pdf/TreeBoxes.pdf>

부 록

부록1. 유지관리 체크리스트

부록2. 도로 비점오염저감시설의 모니터링

부록3. 도로 비점오염저감시설 시범사업

부록4. 도로 비점오염저감시설의 실시설계 사례

부록 1

유지관리 체크리스트

1. 침투시설	85
2. 식생시설	87
3. 저류시설	90
4. 인공습지	91
5. 장치형시설	92

1. 침투시설

가. 침투도량

요소	현장상태	점검활동	주기	비고
일반적인 유지관리 활동				
폐기물	■ 폐기물 축적 여부	■ 폐기물 제거 및 처분	도로 청소시	
정체수	■ 정체수 여부	■ 정체수 배수	필요시	
시설내부 유지관리 활동				
전처리 침강지	■ 퇴적물 축적(50cm 이상) 여부 ■ 정체수 여부	■ 퇴적물 제거 및 처분 ■ 정체수 배수	필요시	
관측정	■ 지하수위 측정 관측정의 파손여부	■ 파손시 보수 및 재설치	필요시	
여과재	■ 강우후 24~48 시간 내 완전배수 여부 ■ 침투율이 90% 이하일 경우	■ 여과재 교체	필요시	
조경	■ 잡초 성장으로 경관성 훼손	■ 잡초 제거	년간 2회	

나. 침투저류지

요소	현장상태	점검활동	주기	비고
일반적인 유지관리 활동				
폐기물	■ 폐기물 축적 여부	■ 폐기물 제거 및 처분	도로 청소시	
시설내부 유지관리 활동				
전처리 시설	■ 전처리 시설 내 15cm 이상 퇴적물 축적 여부	■ 퇴적물 제거 및 처분	도로 청소시	
시설 용량 및 침투능력	■ 강우후 24~48시간 내 완전배수 여부 ■ 수심 30cm 이상 및 표면적 감소 여부 ■ 시설 바닥면의 평탄, 균일성 및 식생의 조밀도 여부	■ 퇴적물 제거, 필터섬유 교체 및 시설개선	필요시	
식생 및 해충 관리	■ 유해 식생의 침입 여부 ■ 말벌 등과 같은 해충 여부 ■ 관목의 과다성장	■ 유해 침입 식생 제거 (제초제 및 농약 사용 금지) ■ 해충 확인시 제거 ■ 관목 가지치기 등	필요시	
유입 및 유출부	■ 스크린 주변 퇴적물 및 폐기물 유무	■ 퇴적물 및 폐기물 제거 및 처분	필요시	
	■ 스크린 및 유입/유출관 파손 여부	■ 파손시 보수 및 보강		
	■ 유입 및 유출관 용량의 50% 이상 퇴적물, 폐기물 축적시	■ 퇴적물 및 폐기물 제거 및 처분		
비상 수로	■ 기초 붕괴 및 파손 ■ 폐기물 축적 여부	■ 파손시 쇄석으로 보강 ■ 폐기물 제거 및 처분	필요시	
제방	■ 제방의 누수, 파손 및 침하 여부	■ 누수, 파손 및 침하시 보수	필요시	
울타리 파손	■ 울타리 파손 여부	■ 파손시 보수 및 재설치	필요시	

2. 식생시설

가. 식생수로 및 식생여과대

요소	현장상태	점검활동	주기	비고
일반적인 유지관리 활동				
폐기물	■ 폐기물 축적 여부	■ 폐기물 제거 및 처분	도로 청소시	
수로 정체수	■ 강우 후 48시간 내 배수, 물고임 현상 및 정체 여부	■ 시설 하류 확인 및 복구	필요시	
시설내부 유지관리 활동				
식생관리	■ 식생(잔디) 높이 5~10 cm유지 여부	■ 잔디 높이가 10cm 이하가 되도록 유지	여름철 2회	
	■ 피복잔디 90% 이상 불량한 경우	■ 원인규명 및 재식재	필요시	
	■ 침입식생 피복도 10% 이상일 경우나 유해식생 침입 여부	■ 침입 및 유해식생 제거(제초제 사용금지)	1회/연	
퇴적물	■ 퇴적물이 시설 표면으로 부터 5cm 이상 축적 여부 * 시설 표면적 25% 이상 축적 여부 * 퇴적물의 축적으로 식생성장 저해시	■ 퇴적물 제거 및 재식재	도로 청소시	
침식 및 세굴	■ 5cm 이상의 깊이로 세굴 또는 유로형성 유무	■ 시설 표면 정비, 유량 분배장치 재설치, 재식재	필요시	
시설 구조물	■ 유량분배장치: 퇴적물 축적 및 Baffle 파손으로 손상시 ■ 스크린: 퇴적물 축적 및 스크린 파손 여부 ■ 유입 및 유출관: 유입 및 유출관(부) 용량의 50% 이상 퇴적물 및 폐기물 축적시	■ 퇴적물 제거 및 보수	필요시	

나. 식생체류지, 식물재배화분

요소	현장상태	점검활동	주기	비고
일반적인 유지관리 활동				
폐기물	▪ 폐기물 축적 여부	▪ 폐기물 제거 및 처분	도로 청소시	
정체수	▪ 정체수 여부	▪ 정체수 배수	필요시	
시설내부 유지관리 활동				
유입부 유출부	▪ 낙수받이 훼손으로 토양 침식 ▪ 유입 및 유출부 막힘 (유입용량의 50% 이상 감소) 여부	▪ 낙수받이 보강 ▪ 폐기물 제거		
식생 관리	▪ 관목 과다 성장 및 고사체 존재시	▪ 관목의 가지치기 및 고사체 제거	필요시	
	▪ 피복 75% 이하일 경우	▪ 원인규명 및 재식재	필요시	
	▪ 침입식생 피복도 15% 이상일 경우나 유해식생 침입 여부	▪ 침입 및 유해식생 제거 (제초제 사용금지)	1회/연	
여과재	▪ 강우후 24~48시간 내 완전배수 여부	▪ 막힘현상 발생시상부 토양층의 7cm 깊이 교체	필요시	
시설 구조물	▪ 위어(weir)의 파손 여부	▪ 위어 보수 보강		
	▪ 구조물의 균열 및 파손시	▪ 구조물 수리 및 보수		
	▪ 시설 및 주변 침하여부	▪ 시설 및 주변침하시 보강		
	▪ 퇴적물 축적 및 스크린 파손 여부	▪ 퇴적물 축적시 제거		
	▪ 퇴적물 축적으로 월류용량의 50% 이상 감소하였거나 침식 발생시	▪ 퇴적물 제거 및 침식보강	필요시	
	▪ 침식으로 토양피복이 5cm 이하일때	▪ 최소깊이가 7cm 이상 되도록 재파복		

다. 나무여과상자

요소	현장상태	점검활동	주기	비고
일반적인 유지관리 활동				
폐기물	■ 폐기물 축적 여부	■ 폐기물 제거 및 처분	도로 청소시	
정체수	■ 정체수 여부	■ 정체수 배수	필요시	
시설내부 유지관리 활동				
유입부 유출부	■ 유입 및 유출부 막힘(유입용량의 50% 이상 감소시) 여부	■ 폐기물 제거	도로 청소시	
식생 관리	■ 관목 과다 성장 및 고사체 존재시	■ 관목의 가지치기	필요시	
	■ 유해식생의 침입여부	■ 유해식생 제거		
여과재	■ 강우후 24~48시간 내 완전배수 여부	■ 막힘현상 발생시상부 토양층의 7cm 깊이 교체	필요시	
시설 구조물	■ 구조물의 균열 및 파손시	■ 구조물 수리 및 보수		
	■ 시설 및 주변 침하여부	■ 시설 및 주변침하시 보강		
	■ 퇴적물 축적 및 스크린 파손 여부	■ 퇴적물 축적시 제거		
	■ 퇴적물 축적으로 월류용량의 50% 이상 감소하였거나 침식 발생시	■ 퇴적물 제거 및 침식보강	필요시	
	■ 침식으로 토양피복이 5cm 이하일때	■ 최소깊이가 7cm 이상 되도록 재피복		

3. 저류시설

가. 저류지

요소	현장상태	점검활동	주기	비고
일반적인 유지관리 활동				
폐기물	■ 폐기물 축적 여부	■ 폐기물 제거 및 처분	도로 청소시	
시설내부 유지관리 활동				
유입부 유출부	■ 낙수받이 훼손으로 토양 침식 ■ 유입 및 유출부 막힘(유입용량의 50% 이상 감소시) 여부	■ 낙수받이 보강 ■ 폐기물 제거		
전처리시설 (침강지)	■ 전처리시설(침강지) 용량의 50% 이상 퇴적물 축적 여부	■ 퇴적물 제거 및 처분	도로 청소시	
저류부	■ 저류지 깊이의 10% 이상 또는 30cm 이상 퇴적물 축적 여부	■ 퇴적물 제거 및 처분	도로 청소시	
식생관리	■ 과목 과다 성장 및 고사체 존재시	■ 관목의 가지치기 및 고사체 제거	필요시	
	■ 주거지역: 잔디 및 표면식생 높이가 10cm 초과 여부 ■ 이외지역: 주변 표면식생과 부조화를 이룰 경우	■ 주기적인 제초작업 실시, 잔디의 경우 5~10cm 유지 ■ 제초 작업으로 발생된 폐기물 및 쓰레기 제거	필요시	
	■ 침입식생 피복도 15% 이상일 경우나 유해식생 침입 여부	■ 침입 및 유해식생 제거 (제초제 사용금지)	1회/연	
시설물	■ 비상수로 파손	■ 붕괴 및 파손된 기초층 쇄석으로 보강	필요시	
	■ 제방 누수, 파손 및 침하 여부	■ 원인규명 및 보강		
	■ 기타 시설물(월류관, 수문구, 맨홀, 오리피스, 유출관 등) 파손시	■ 시설물 보수 및 보강		
	■ 암거내 퇴적물 여부	■ 퇴적물 제거 및 처분		

4. 인공습지

요소	현장상태	점검활동	주기	비고
일반적인 유지관리 활동				
폐기물	■ 폐기물 축적 여부	■ 폐기물 제거 및 처분	도로 청소시	
유로 확인	■ 안정적 유로 형성 여부	■ 물의 흐름이 원활하지 못할 경우 보수 및 보강	필요시	
시설내부 유지관리 활동				
유입부 유출부	■ 낙수받이 훼손으로 토양 침식 ■ 유입 및 유출부 막힘(유입용량의 30% 이상 감소) 여부	■ 낙수받이 보강 ■ 폐기물 제거		
전처리시설 (침강지)	■ 퇴적물의 축적 여부 - 침강지 깊이가 15 cm 이상 증가 - 침강지 용량의 50% 이상 매몰 - 퇴적물이 습지 총 체적기준으로 10%를 초과	■ 퇴적물 제거 및 처분	도로 청소시	
습지부	■ 식생성장 저하 여부 - 1년 중 최소 10개월 정도 습지 식생의 20% 이상 성장 저하 - 식생의 50% 이상 고사 여부	■ 시설의 기능 및 설계 재검토 ■ 재식재	필요시	
	■ 퇴적물의 축적 여부 - 식생성장 저해 - 30cm 이상 퇴적물의 축적으로 인한 시설 용량 감소	■ 퇴적물 제거 및 처분	도로 청소시	
	■ 생태 유지용수 확보 확인	■ 차수막 확인 및 보강		
식생관리	■ 과목 과다 성장 및 고사체 존재시	■ 관목의 가지치기 및 고사체 제거	필요시	
	■ 습지식물 주기적 제거 및 관리	■ 식물제거 및 고사체 제거	2회/연	
	■ 침입식생 피복도 15% 이상일 경우나 유해식생 침입 여부	■ 침입 및 유해식생 제거 (제초제 사용금지)	1회/연	
시설물	■ 비상수로 파손	■ 봉괴 및 파손된 기초층 쇄석으로 보강	필요시	
	■ 제방 누수, 파손 및 침하 여부	■ 원인규명 및 보강		
	■ 기타 시설물(월류관, 수문구, 맨홀 오리피스, 유출관 등) 파손시	■ 시설물 보수 및 보강		
	■ 암거내 퇴적물 여부	■ 퇴적물 제거 및 처분		

5. 장치형시설

가. 여과형시설

요소	현장상태	점검활동	주기	비고
일반적인 유지관리 활동				
폐기물	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시설주변 및 스크린 폐기물 축적 여부 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 폐기물 제거 및 처분 	도로 청소시	
정체수	<ul style="list-style-type: none"> ■ 정체수 여부 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 정체수 배수 	필요시	
시설내부 유지관리 활동				
전처리 침강지	<ul style="list-style-type: none"> ■ 퇴적물 축적(15cm 이상) 여부 ■ 정체수 여부 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 퇴적물 제거 및 처분 ■ 정체수 배수 	도로 청소시	
여과재	<ul style="list-style-type: none"> ■ 여과속도 감소시 75%이상 여과재 및 여과재표면이 퇴적물로 축적되어 있거나 강우후 24 시간내 배수가 되지 않아 물고임 현상의 발생 여부 (여과속도가 2.5cm/hr 이하 일경우) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 양수시험(Drawdown Test) 수행 ■ 표층을 20-30cm 정도 걷어내고 새로운 여과재를 투입 		
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 단량류 발생: 물의 흐름이 고르지 않고 시설벽 또는 침식된 부분을 따라 흐름 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 여과재표면 재정비 및 다짐, 유량분배장치 재설치 	필요시	
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 침식 및 세굴시: 5cm 이상의 깊이로 세굴 또는 유로형성 유무 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시설 표면 정비, 유량 분배장치 재설치, 재 식재 		
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유량분배장치: 침식현상으로 인한 여과재 표면에 5cm 깊이, 15cm 폭 이상 손상 여부 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시설 표면 정비, 침식 및 세굴 방지 		
시설물	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유입/유출관 파손 및 퇴적물 관리 ■ 콘크리트, 맨홀, baffle, 환기구, 울타리, 제방 침식 및 파손 여부 ■ 암거내 퇴적물 3cm 이상 축적 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 파손된 시설물 복구 ■ 침하 보수 보강 ■ 암거내 퇴적물 제거 	필요시	
조경	<ul style="list-style-type: none"> ■ 잡초 성장으로 경관성 훼손 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 잡초 제거 	2회/연	

나. 와류형 시설

요소	현장상태	점검활동	주기	비고
일반적인 유지관리 활동				
폐기물	■ 시설주변 및 스크린 폐기물 축적 여부	■ 폐기물 제거 및 처분	도로 청소시	
정체수	■ 정체수 여부	■ 정체수 배수	필요시	
시설내부 유지관리 활동				
폐기물 퇴적물	■ 퇴적물이 시설 내 축적되어 15cm 이상 일 경우	■ 퇴적물 제거 및 처분	도로 청소시	
시설물	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유입/유출관, 월류관 파손 및 퇴적물 관리 ■ 콘크리트, 맨홀, 밸브 등 파손 여부 ■ 암거내 퇴적물 3cm 이상 축적 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 파손된 시설물 복구 ■ 침하 보수 보강 ■ 암거내 퇴적물 제거 	필요시	
조경	■ 초 성장으로 경관성 훼손	■ 잡초 제거	2회/연	

다. 스크린형 시설

요소	현장상태	점검활동	주기	비고
일반적인 유지관리 활동				
폐기물	■ 시설주변 및 스크린 폐기물 축적 여부	■ 폐기물 제거 및 처분	도로 청소시	
정체수	■ 정체수 여부	■ 정체수 배수	필요시	
시설내부 유지관리 활동				
폐기물 퇴적물	■ 퇴적물이 시설 내 축적되어 15cm 이상 일 경우	■ 퇴적물 제거 및 처분	도로 청소시	
시설물	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유입/유출관, 월류관 파손 및 퇴적물 관리 ■ 콘크리트, 맨홀, 밸브 등 파손 여부 ■ 스크린 파손 여부 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 파손된 시설물 복구 ■ 침하 보수 보강 ■ 암거내 퇴적물 제거 	필요시	
조경	■ 잡초 성장으로 경관성 훼손	■ 잡초 제거	2회/연	

부록 2

도로 비점오염저감시설의 모니터링

1. 개요

모니터링 시 비점오염저감시설 상류 및 하류지점 등에서의 유량 및 수질조사 등을 수행한다.

【해설】

- 비점오염저감시설을 계획·설계할 때에는 계획수립 시 모니터링 계획을 충분히 검토한다.
- 비점오염저감시설에 대한 모니터링은 적절한 방법을 통하여 수집된 수질 자료의 경향분석에 의해 당해시설의 운영상태, 관리의 적정성, 오염물질의 삭감정도 등을 파악할 수 있다. 또한, 해당유역에 대해 비점오염저감대책의 이행에 따른 수질자료의 분석을 통해 비점오염저감시설이 유역의 수질개선 기여정도를 파악할 수 있으며 해당유역의 목표수질을 달성할 수 있는지 여부를 예측하는데 기초자료로 활용될 수 있다.

〈표 1〉 비점오염저감시설의 모니터링 목적

분야	비점오염저감시설 모니터링의 목적	효율 검증 가능성
수리학	■ 비점오염저감시설의 상하류의 흐름 특성을 개선	-
수문학	■ 흥수저감, 유출특성을 개선	✓
수질	■ 하류지역의 오염물질 저감 ■ 하류지역의 온도 영향 저감 ■ 유출수의 요구되는 오염물질 농도개선 ■ 쓰레기 및 각종 이물질 제거	✓ ✓ ✓ -
독성	■ 유출수의 실제 독성 저감 ■ 유출수의 만성적인 독성 저감	✓ ✓
규정	■ 법 및 규정의 수질 기준 준수	✓
이행 가능성	■ 비구조적 기법의 경우, 관리와 부실적인 운영의 가능성 파악	-
비용	■ 설치비, 운영 및 관리비용 산출	-
심미적	■ 현장의 외관과 같은 심미적 모습 향상	-
유지관리	■ 유지관리를 통한 운영과 보수보강 스케줄 등을 분석 ■ 시설의 확장, 보강 및 개선 가능성 판단	- -
시설의 수명	■ 장기간 운영 가능성 판단	✓
자원	■ 하류지역의 환경/침식관리를 개선 ■ 생태계 서식지 확대 ■ 기능의 다면적 활용	- - -
안전	■ 위험에 대한 안전성 판단 ■ 하류지역의 환경적 영향 최소화	- -
공공인식	■ 제공하는 정보의 명확성과 이해성 판단	✓

2. 모니터링 계획수립

(1) 모니터링 계획수립

비점오염저감시설의 모니터링은 저감시설을 설치한 후 시설의 전반적 성능을 확인하기 위한 방법을 의미하며, 여기에는 저감시설 상류나 하류지점 등에서의 유량 및 수질조사 뿐만 아니라 유지관리 과정에서 수행하는 전반적 조사 및 검사 등의 제반 사항을 포함한다.

【해설】

- 비점오염저감시설을 계획·설계할 때에는 시설의 성능을 전반적으로 용이하게 확인할 수 있도록 하여야 한다. 설계시 성능을 확인할 수 있는 구조물 설치가 가능한 비점오염저감시설에서는 유입 및 유출부에 구조물을 설치하여야 하며, 침투시설과 같이 구조물 설치가 용이하지 않을 시에는 지하수위 모니터링이 가능하도록 지하수위공을 설치한다.
- 시설의 모니터링은 시설의 성능을 확인하는 과정이기 때문에 유지관리 과정에서 수행되는 제반활동사항도 기록을 통해 시설의 성능 확인에 이용 할 수 있을 경우에는 모니터링에 포함한다.
- 비점오염저감시설에 대한 모니터링은 적절한 방법을 통하여 수집된 수질 자료의 경향분석에 의해 당해시설의 운영상태, 관리의 적정성, 오염물질의 삭감정도 등을 파악할 수 있게 해준다. 또, 해당유역에 대해 비점오염저감 대책의 이행에 따른 수질자료의 분석을 통해 비점오염저감시설이 유역의 수질개선 기여정도를 파악할 수 있으며 해당유역의 목표수질을 달성할 수 있는지 여부를 예측하는데 기초자료로 활용될 수 있다.

(2) 모니터링 방법 결정

모니터링방법은 육안검사방법(Visual Examination)과 분석에 의한 방법(Analytical Monitoring) 등이 있다.

【해설】

○ 육안검사방법

- 육안검사방법은 강우유출수의 수질 및 시설의 관리상태 등을 대략적으로 평가할 수 있는 간단한 모니터링 방법이다.
- 강우유출수 발생 후 대략 30분 이내에 시료를 채취하여, 밝은 장소에서 시료의 색도, 냄새, 탁도, 고형물, 거품, 기름띠 등의 시료 오염도를 관찰·기록하는 것이다. 다만, 강우지속시간이 길어질수록 오염물의 유출이 증가하거나 배수구역이 지나치게 클 경우에는 30분 보다 증가된 시간이내에서 시료를 채취할 수 있다.
- 또한 육안검사방법에는 건기시 유지관리 과정에서 제거되는 퇴적물, 폐기물, 식생 등의 항목도 포함된다.

○ 분석에 의한 방법

- 분석에 의한 방법은 수질오염정도에 대해 직접적인 평가가 가능한 방법이며, 오염부하량 및 비점오염저감시설의 처리효과 등을 평가하기 위해서 적용되어지는 방법이다.
- 이 경우 모니터링의 위치, 모니터링 주기, 시료채취방법, 조사항목 등을 결정하고 이에 따라 모니터링을 실시하는 것이 좋다.
- 시설의 성능 유지를 위해 건기시 수행되는 제반 유지관리 활동, 즉 퇴적물과 폐기물의 제거, 식생제거, 시설의 보수보강 등도 기록되고 정량적으로 확인될 시 분석모니터링에 포함된다.
- 또한 침투시설의 지하수위 측정값도 분석 모니터링에 포함된다.

(3) 모니터링 위치 선정

모니터링 위치는 모니터링에 제한된 자원(시간, 인력, 비용 등)과 지점수에 따라 달라질 수 있으며 일반적으로 비점오염저감시설의 유입량, 유출량, 저류량 등의 수질상태를 대표하고 수질 자료를 획득할 수 있으며 유량 및 수질 측정이 용이한 곳을 선정한다.

【해설】

- 상류지점선정

- 상류지점은 유량이 비점오염저감시설을 통과하기 전에 오염물의 부하량 혹은 유입농도를 나타내는 결과를 산출할 수 있는 곳을 선정한다.
- 시설을 거치지 않고 우회되는 흐름(by-pass)이 있는 경우에는 정확한 유량 측정이 매우 중요해지므로 비점오염저감시설로 유입되는 유량과 우회되는 유량 및 수질을 모니터링 한다.
- 상류지점의 채수시료는 비점오염저감시설로부터 충분히 떨어진 곳에 위치해야 한다. 비점오염저감시설과 인접하게 되면 유출시 역류, 경사, 식재 등에 의해 영향을 받을 수 있다.

- 하류지점선정

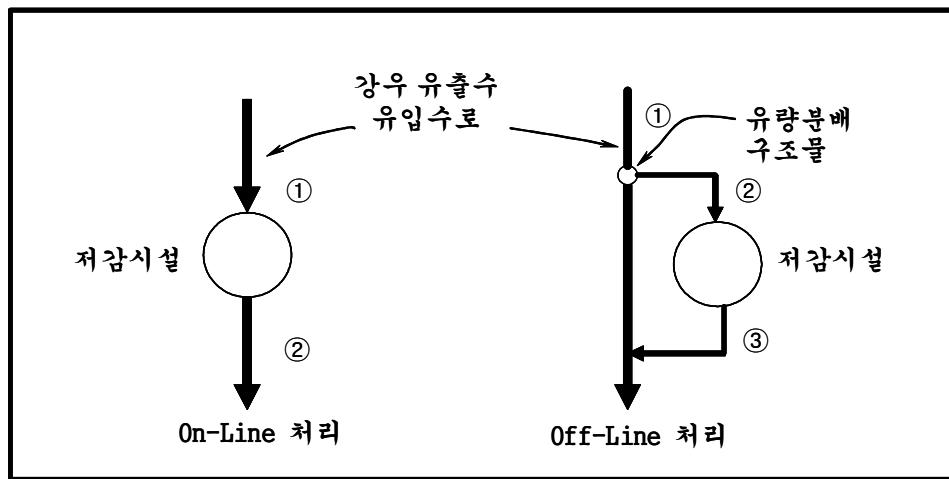
- 비점오염저감시설의 하류에 선정되는 모니터링 지점은 비점오염저감시설에 의해 처리된 유량과 수질을 정확히 측정할 수 있는 곳으로 한다.
- 하류지점은 채수시료가 다른 인자에 의해 교란되기 전인 비점오염저감 시설 유출구와 인접한 곳으로 선정한다.

- 중간지점선정

- 비점오염저감시설이 여러 시설로 조합되었거나 다단으로 연계 처리되는 경우 각 단위 비점오염저감시설의 효율산정이나 전체 비점오염저감시설들의 효율을 파악하기 위해 중간지점을 선정하여 조사할 수 있다.

○ 강우측정지점선정

- 강우측정기는 모니터링 측정지점과 가능한 한 가까운 곳에 설치하는 것이 좋고 침수나 다른 영향에 의해 영향을 받지 않는 곳에 설치한다.



〈그림 1〉 저감시설에서 시료채취지점과 유량측정지점

(4) 모니터링 주기 및 시료채취방법

모니터링 주기는 그 목적에 따라 달리할 수 있으며, 시료채취방법은 임의 시료채취(Grab Sampling) 방법을 적용한다.

【해설】

- 모니터링 필요시 모니터링 주기는 모니터링계획에 있어 중요한 고려사항이다. 비점오염저감시설의 규모 및 종류, 예산 및 인력의 한계 등에 따라 모니터링 하는 강우사상의 수, 위치, 분석항목 등을 결정한다.
- 통상적으로 우리나라의 경우 계절적인 변화에 따라 강우특성이 크게 다르기 때문에 봄 4~5월, 여름 8~9월, 가을 10~11월에 강우특성별 시료채취를 실시한다. 다만, 그 주기의 결정은 모니터링의 목적에 따라 선정한다. 연구를 목적으로 하는 경우, 시설의 올바른 효율평가를 위해서는 수질의 유량가중평균농도(EMC : Event Mean Concentration)를 추정하기에 충분한 시료수를 얻을 수 있도록 계획한다.
- 임의시료채취(Grab Sampling)
 - 유입 또는 유출에 대해 단순 시료 채취하는 것으로 임의 시료채취만으로는 발생되는 강우 또는 비점오염저감시설로부터 유출되는 유출수의 대표성을 확보하기 어렵다. 다만, 약식 또는 간이 검사 시에는 강우의 유출이 발생하는 시점으로부터 30분 이내에 시료를 채취하여 수질검사를 실시할 수 있다.
 - 연구를 목적으로 하거나 강우의 발생 후 시간 경과에 따른 수질의 변화 거동을 파악하기 위해서는 시간대별로 시료를 채취한다. 임의시료채취 방법은 한 지점에서 해당강우사상에 대하여 시간에 따른 강우 수질을 파악할 수 있다. 특히 기름, 윤활유, TPH(Total Petroleum Hydrocarbon; 총 석유계탄화수소), 박테리아와 같이 신속하게 변하거나 측정용기에 흡착되는 오염물질에 대해서는 반드시 임의시료채취방법을 선택한다.

- 시간대별 임의시료채취방법은 초기강우의 오염물질변화 거동을 파악할 수 있게 해줌에 따라 배수구역의 특성을 파악하는데 매우 효과적이다. 시간대별 임의시료채취의 횟수 등은 불투수지역과 투수지역에 따라 달라질 수 있는데, 불투수지역에서의 시료채취 횟수의 예는 다음과 같다.

〈표 2〉 도로에서의 시료채취 조건 및 주기

항 목	내 용
선행건기일수	■ 3일 이상
시료채취 횟수	■ 강우초기(1시간): 유출직전, 10분, 20분, 30분, 60분(5회) ■ 강우종기(종료시까지): 적정시간간격(1~2시간 간격)

(5) 조사항목의 결정

모니터링 시 조사항목은 예산과 모니터링 목적, 시설 및 지역특성 등을 고려하여 측정항목을 선정한다.

【해설】

- 조사항목은 우선 모니터링의 목적에 따라 선정하되 예산, 시설의 특성 등을 고려하여 결정한다.
- 비점오염원 설치신고에 따른 모니터링을 수행할 경우, 총부유물질(TSS)과 BOD를 포함하여 비점오염원 설치신고서에 제시된 주요 발생오염물질을 추가하고, 오염총량관리계획 이행평가를 위한 모니터링시에는 BOD, TOC, T-N, T-P, TSS로 하며 필요시 측정항목을 추가한다. 연구를 목적으로 할 경우에는 아래 <표 3>을 따른다.

<표 3> 도로 비점오염저감시설에서의 오염물질 조사항목

공통항목	TSS, BOD, TOC, T-N, T-P, pH, Turbidity,
선택항목	Conductivity, Oil과 Grease, COD, 중금속 (Cu, Pb, Zn)

(6) 강우사상의 선정

모니터링 대상이 되는 강우사상은 최소 3일(72시간)의 선행 건기일수를 만족하고 강우량이 10mm 이상의 강우사상을 대상으로 한다.

【해설】

- 모니터링시 선행 건기일수는 강우유출수의 오염농도에 영향을 미치는 인자 중의 하나이다. 선행건기일수가 짧을수록 강우유출수의 오염농도는 낮아질 가능성이 높아진다. 또 배수구역의 투수특성에 따라 달라지지만 강우량이 적을 경우에는 실제 유출이 발생하지 않을 가능성이 있다.
- 최소 72시간 이상의 선행건기일수를 확보할 수 있는 강우사상을 대상으로 10mm이상의 강우량을 가지는 강우를 모니터링 대상으로 선정한다.

3. 모니터링 평가방법

모니터링 결과를 통해 비점오염저감시설의 약감효과를 평가할 때에는 다음과 같은 방법을 활용할 수 있다.

- 부하량 합산법
- 제거효율법

【해설】

○ 부하량 합산법(Summation of loads : SOL)

- 유입되는 부하량의 합에 대한 유출 부하량의 합의 비율에 기초한 효율로 정의된다. 즉 유입총부하량과 유출총부하량으로 제거효율을 계산하는 것이다. 비점오염저감시설의 효율평가방법으로 가장 적합하다.

$$SOL \text{에 의한 효율} = 1 - \frac{\sum_{\text{총유출부하}}}{\sum_{\text{총유입부하}}} \quad (\text{식 5-1})$$

- 총유출 · 유입부하량의 합은 다음과 같이 계산된다.

$$\text{총유출} \cdot \text{유입부하} = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{i=1}^n C_i V_i \right) = \sum_{j=1}^m EMC_j \cdot V_j \quad (\text{식 5-2})$$

○ 제거효율법(Efficiency Ratio : ER)

- 일정기간동안 개별 강우사상에 대한 유입 · 유출 EMC를 산정하고 각 EMC를 산술평균하여 평균 EMC를 환산하여 이를 제거효율계산에 활용하는 방법이다.

$$ER = 1 - \frac{\text{평균유출EMC}}{\text{평균유입EMC}} = \frac{\text{평균유입EMC} - \text{평균유출EMC}}{\text{평균유입EMC}} \quad (\text{식 5-3})$$

- 개별강우사상에 대한 강우유출수의 EMC는 다음의 방법으로 산정된다.

$$EMC = \frac{\sum_{i=1}^n V_i C_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (\text{식 } 5-4)$$

여기서 V : i 시간 동안 유출 유량(volume of flow)

C : i 시간과 관련된 평균농도(average concentration)

n : 강우사상동안 측정 결과의 총수

- 평균 EMC는 개별 강우사상의 EMC를 산술평균하는 방법으로 산정한다.

$$\text{평균 } EMC = \frac{\sum_{i=1}^m EMC_i}{m} \quad (\text{식 } 5-5)$$

여기서 m : 측정된 강우사상의 수

부록 3

**도로 비점오염저감시설 시범사업
(국도43호선 소정-배방 신설공사)**

1. 식생수로	109
2. 소규모 인공습지	118
3. FWS형 인공습지	119
4. HSSF형 인공습지	120
5. 빗물정원	121
6. 모래여과시설	122

1. 식생수로

- 설치위치 검토

- 설치지점의 세부위치는 하천으로 방류되는 지점이 아닌 비점오염원 발생 지점을 기준으로 계획하여 외부유출수와의 혼합 방지

〈표 1〉 비점오염저감시설 설치 위치

대상지	위치	배수특성
소정-배방간 국도대체우회도로 공사구간 내	용정교차로 5+900 좌안	도로 포장지역



- 배수구역 검토

- 용정교차로 대전방향 본선도로로 횡단상 양방향 경사를 갖는 구간으로 우수는 본선중점으로 흘러 도수로를 통해 집수정에 차집되어 중배수관을 통해 유출

〈표 2〉 시설 배수면적

구분	행정동	배수특성	배수면적
배수유역	천안시 동남구 풍세면 용정리	도로	1,020m ²

- 시설물 및 포장계획

- 부지기능에 부합되는 저관리형 재료 선정 및 침투 특성을 고려해 시설 도입 최소화
- 공간별 기능을 고려한 시설물과 포장계획 수립

〈표 3〉 도입시설물

특 징	비 고
<ul style="list-style-type: none"> • 비점오염원 저감용 시설로 계획 • 빗물의 저류 및 증발로 수환경 개선 시설로 계획 	

○ 처리대상면적(A) 산정

- 우수의 흐름을 파악하기 위해 우수배수계획 평면 및 종단, 횡단을 검토해 유역을 구분하고, 사면(투수면)을 제외한 포장면(불투수면)을 처리대상면적으로 적용

$$A = W \times L$$

여기서, A: 처리대상면적(m^2), W: 도로 폭(m), L: 도로 연장(m)

〈표 4〉 처리대상면적 산정

처리대상면적 산정						설치지점	
시점 (STA.)	종점 (STA.)	방향	연장 (L,m)	폭 (W,m)	처리 대상면적 (A, m^2)	STA.	방향
5+800	5+900	좌	100.0	9.0	1,020	5+880	좌

○ 수질처리 용량(WQv) 산정

$$WQv = 10^{-3} \times P \times A \times Rv$$

여기서, WQv : 수질처리 용량(m^3),

P: 누적유출고로 환산한 설계강우량($=P1 \cdot Rv$, 5mm이상),

Rv: 체적유출계수($=0.05 + 0.009 \cdot I$, I=불투수율(%))

〈표 5〉 수질처리 용량 산정

구분	처리 대상면적	설계강우량	체적 유출계수	불투수율	수질 처리용량
	(A, m^2)	(P, mm)	(Rv)	(I, %)	(WQv, m^3)
식생수로	1,020	5.3	0.95	00	5.14

○ 식생수로 길이(L) 산정

$$L = \frac{1.1 WQV}{A_2 + (A_1 \times p_s \div 100)}$$

여기서, L: 식생수로의 길이(m), WQv: 110% 수질처리 용량(m^3),

W2: 수로 상폭(m), W1: 수로 하폭(m), A2: 수로단면적(m^2),

A1: 식재토양층의 단면적(m^2), ps: 식재토양층의 공극율

〈표 6〉 식생수로의 길이 산정

식생수로 길이 (L, m)	수질처리 용량의 110% (WQv, m^3)	식생수로의 제원				
		상폭 (W2,m)	하폭 (W1,m)	단면적 (A2, m^2)	식재토양층의 단면적 (A1, m^2)	식재토양의 공극율 (Ps, %)
15.0	5.65	1.3	0.6	0.19	0.6	32

○ 전처리시설 용량(Pre) 산정

$$Pre = WQv \times 10\%$$

여기서, Pre는 전처리시설 용량(m^3), WQv는 수질처리 용량(m^3)

〈표 7〉 전처리시설 용량산정

수질처리용량 (WQv, m^3)	수질처리용량의 10%(m^3)	전처리시설의 제원			
		폭 (W, m)	길이 (L, m)	깊이 (H, m)	용량 (Pre, m^3)
5.14	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5

○ 시설 용량산정 결과

〈표 8〉 용량산정 결과

구 분		식생수로
유역면적(m^2)		1,020
환경부 제시방법 (누적유출고 5mm 이상 적용시)	설계 강우량(mm)	5.3
	수질처리 용량(m^3)	10.79
금회 적용 방법	표면적(m^2)	—
	저류용량(m^3)	6.2
전처리시설 용량(m^3)		0.5
시설제원 (W^*L^*H , m)		2.90*19.60*1.85

○ 시설 설계

- 계획노선의 본선과 진입도로가 연결되는 IC구간의 부지에 시설을 설치
- 초기우수는 초기우수 유도턱, 유입수로, 협잡물거름망, 전처리시설을 거쳐 식생수로로 유입되며, 집수정 및 유출관을 거쳐 기존 집수정에 유출
- 식생수로는 설치지점의 경사도 및 유입·유출계획 등을 고려하여 설계하였고, 전처리(유입)부, 빗물정원, 집수(유출)부로 나누어 계획
- 기존 우수관거와의 연결을 위해 집수정을 추가로 설계

〈표 9〉 시설물현황

공종	규격	단위	식생수로
유입수로	W300*H200	m	2
전처리시설	—	EA	1
협잡물거름망	300*600*400	EA	1
관측정	D150mm	EA	1
스크린시설	—	EA	2
식생수로	—	EA	1
집수정	—	EA	2
유출관	D250mm	m	2

〈표 10〉 토공량

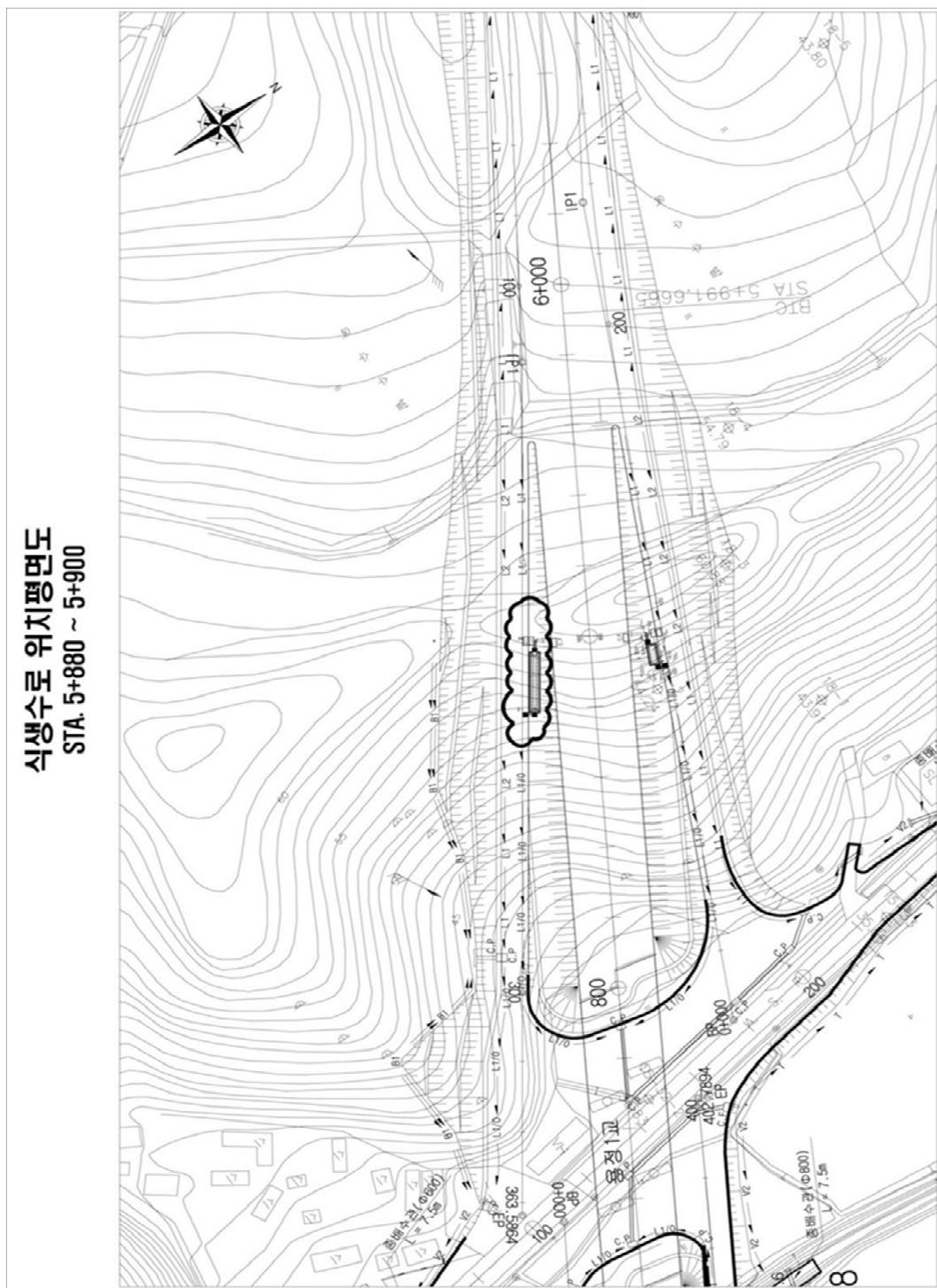
공종	규격	단위	식생수로
터파기	토사	m ³	133
되메우기	토사	m ³	50
잔토	토사	m ³	83

〈표 11〉 주요자재 집계표

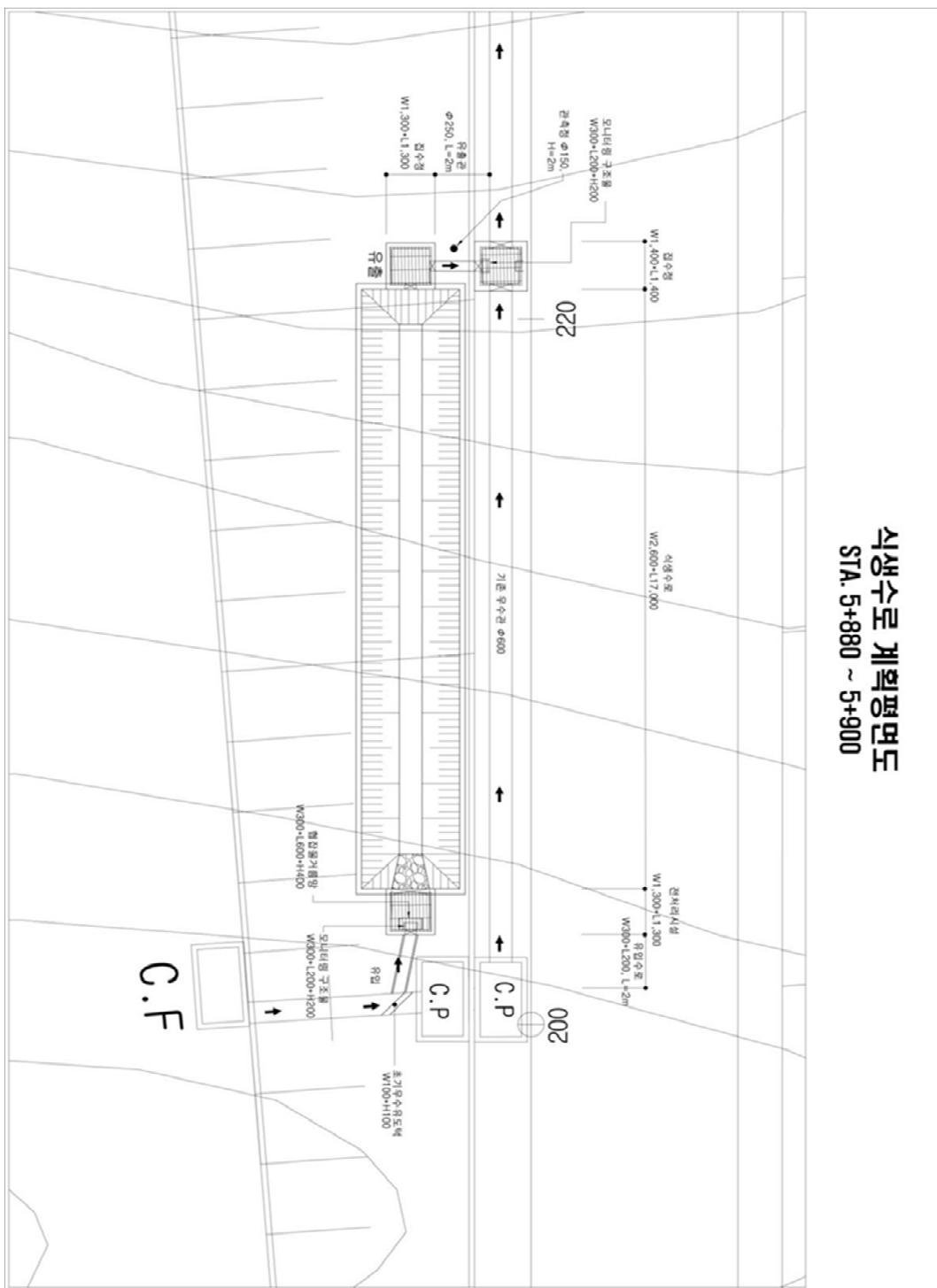
공종	규격	단위	식생수로
콘크리트	25-24-15	m ³	—
	25-21-8	m ³	25,236
	40-18-8	m ³	—
철 근	D13	TON	1.004
	NET	TON	0.001
모 래	—	m ³	0.640
부직포	—	m ²	44
쇄석	—	m ³	38
자연자갈	—	m ³	—
특수성토양	—	m ³	18,200
유공관	D200mm	m	8

〈표 12〉 조경시설

공종	규격	단위	식생수로
데크방부목	—	m	40
자연자갈포설	20~40mm	m ³	1.70
안내판	—	개소	1
잔디	평떼	m ²	63
식생매트	—	m ²	62.84



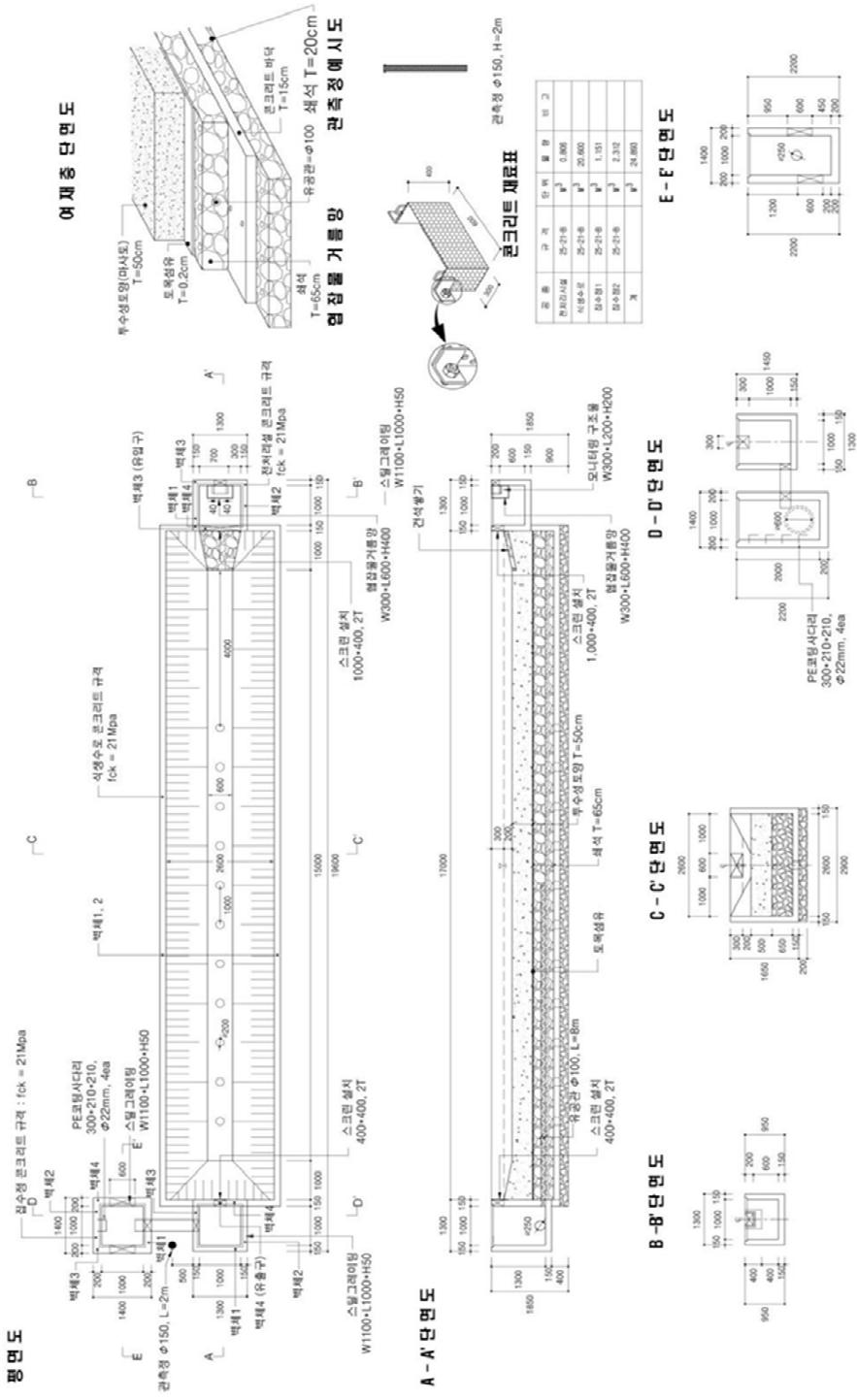
〈그림 1〉 식생수로 상세도



〈그림 1〉 식생수로 상세도 (계속)

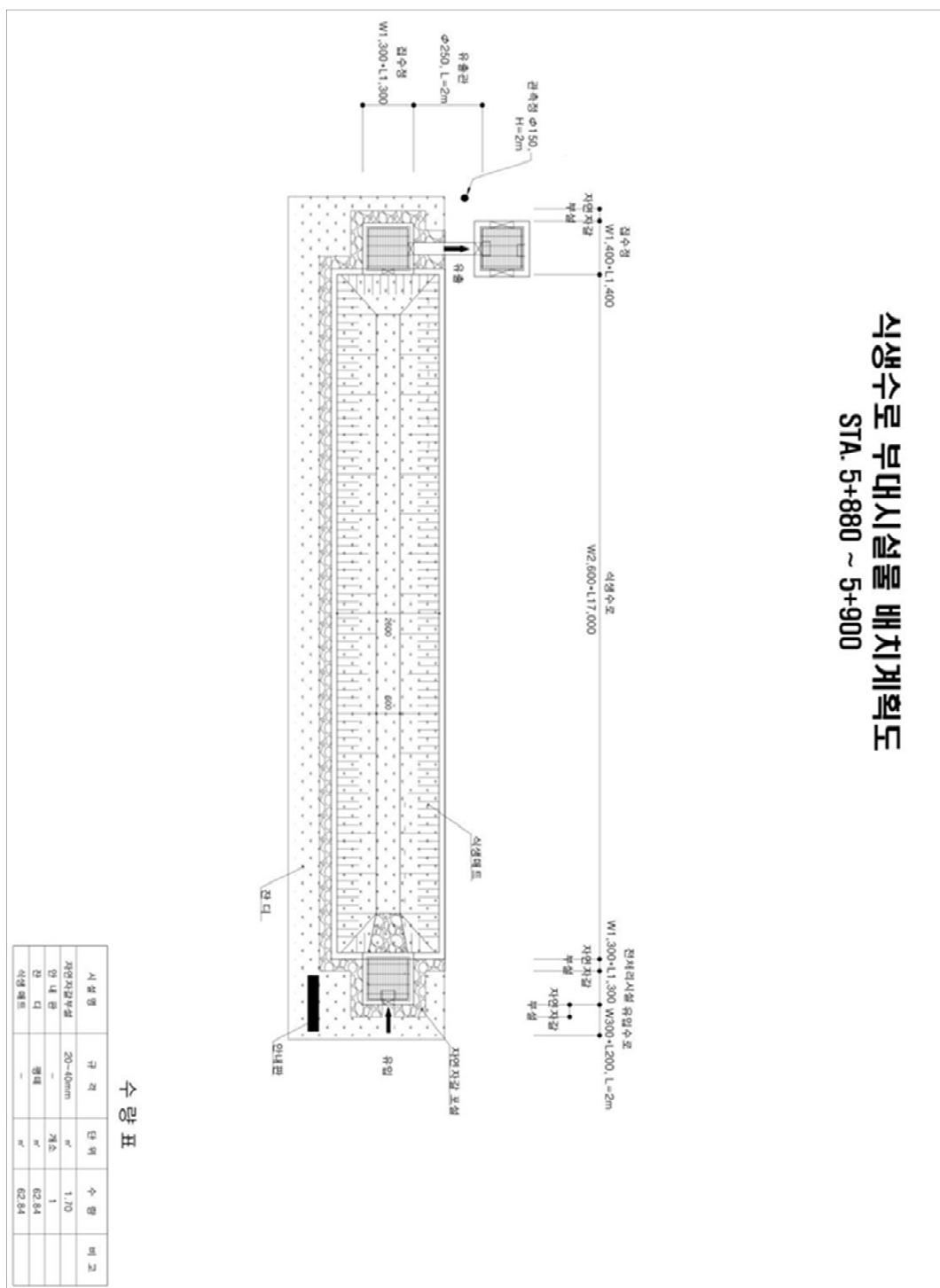
식생수로 일반도
STA. 5+880 ~ 5+900

STA. 5+880 ~ 5+900



〈그림 1〉 식생수로 상세도 (계속)

**식생수로 부대시설을 배치계획도
STA. 5+880 ~ 5+900**



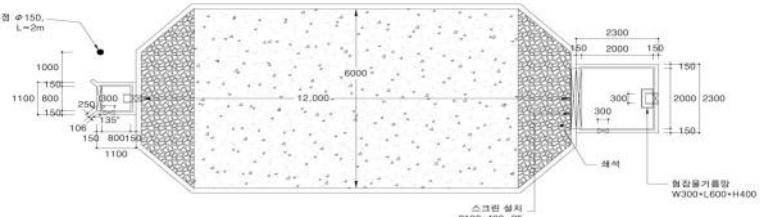
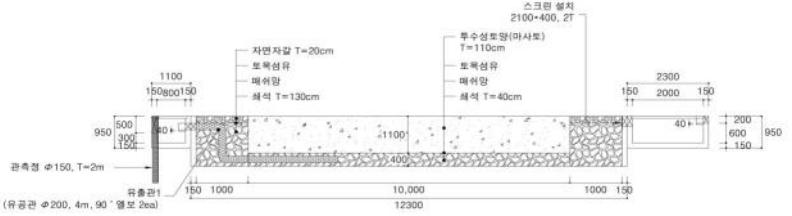
〈그림 1〉 식생수로 상세도 (계속)

2. 소규모 인공습지

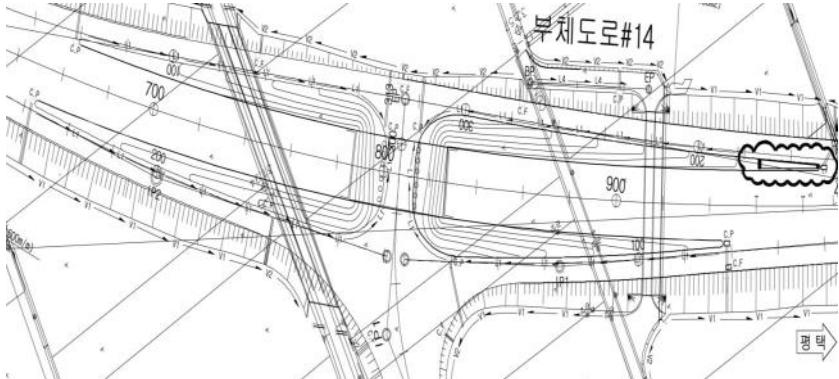
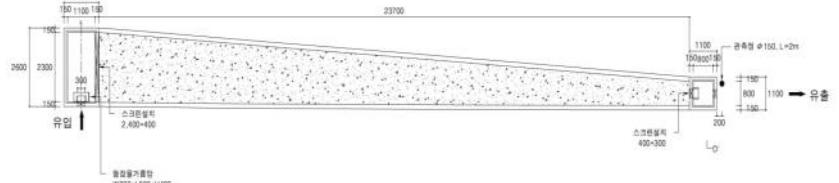
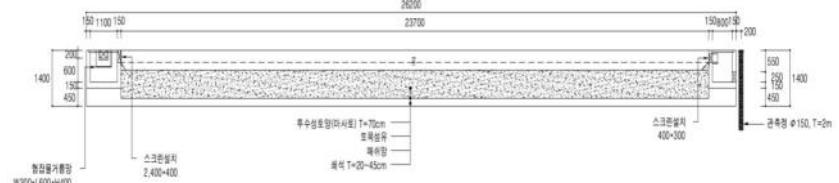
위치특성	<ul style="list-style-type: none"> - 본선과 진입로 사이 흙쌓기부 하단의 완만한 경사면에 시설 설치 계획 - 경관성과 유지관리 용이성을 고려하여 선정
설치위치	
평면도	
측면도	
현장사진	
비고	<p>배수시설과 연계하였으며, 경관성 및 생태성이 높음</p>

3. FWS형 인공습지

4. HSSF형 인공습지

위치특성	자연배수가 가능한 단자를 고려하여 위치선정 하였으며, 식재식물의 일조량과 공공 안전성 고려
설치위치	
평면도	
측면도	
현장사진	
비 고	제방의 위치 및 흥수위를 고려하였으며 경관성과 생태성이 높음

5. 빗물정원

위치특성	비점오염저감시설의 유입 및 유출부 위치선정시 도로의 본선, 진입로, 설치지점의 경사도 및 방향 고려
설치위치	
평면도	
측면도	
현장사진	
비고	생태저류시설로 경관성 및 생태성이 높음

6. 모래여과시설

부록 4

도로 비점오염저감시설의 실시설계 사례

(한국도로공사, 대청호구역 비점오염저감시설)

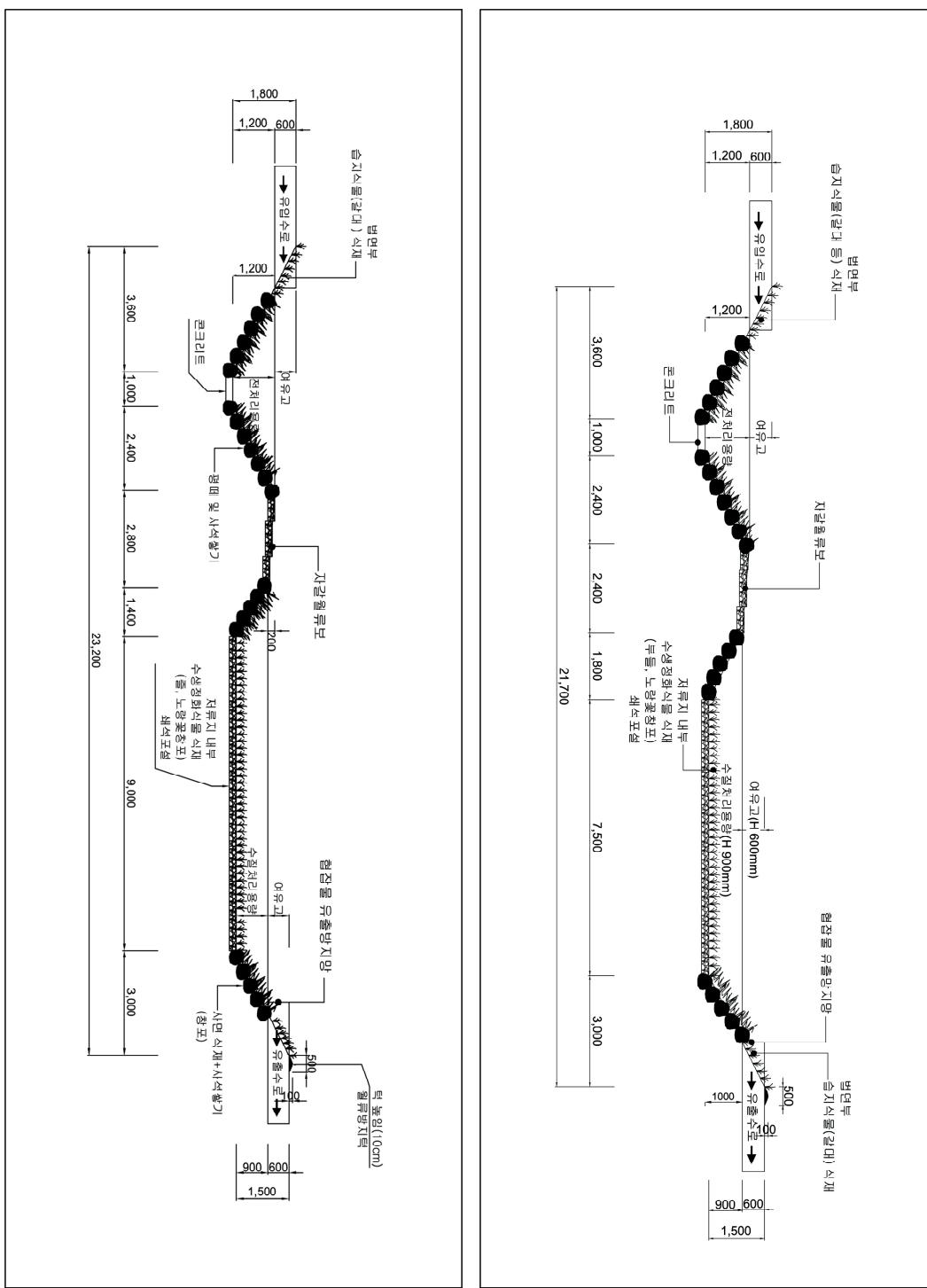
1. 소규모저류지

- 설치지점
 - 소규모저류지 설치지점은 총 3개소이며 사면구배는 전처리조 및 처리시설 모두 사면구배 2:1로 사석 보강

〈표 1〉 소규모저류지 설치지점

구 분	비 점 오 염 저 감 시 설					
	종 류	규격(폭×길이×깊이)				처리시설
		전처리조		처리시설		
계		규격(m)	사면구배	규격(m)	사면구배	
계	3개소	—	—	—	—	
10 지점	소규모저류지	8.2×8.2×1.8	2:1	12.0×15.0×1.5	2:1	
16 지점	소규모저류지	8.2×8.2×1.8	2:1	11.0×13.5×1.5	2:1	
17 지점	소규모저류지	8.2×8.2×1.8	2:1	11.0×13.5×1.5	2:1	

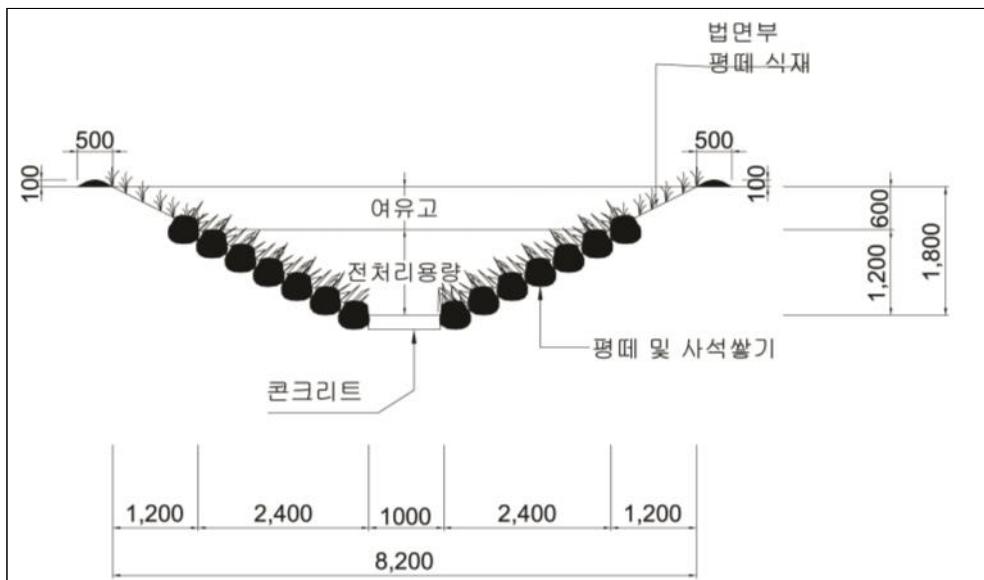
- 시설설계 기본방향
 - 홍수시 침수위험이 없는 곳에 설치하여, 경사도는 15%미만이 되도록 설계
 - 저류지 계획최대수위를 고려하여 제방 여유고가 0.6m이상 되도록 설계
 - 침식방지를 위해 유입·유출구 아래에 웅덩이나 사석을 설치
 - 원지반 특성 및 침투율 등을 감안하여 안전한 저류를 위해 법면은 사석으로 보강
 - 유입·유출구는 물의 흐름을 고려하여 각각 V형 측구로 설계



〈그림 1〉 10, 16, 17지점의 침강지 및 저류시설 측면도

- 전처리시설(침강지) 설계

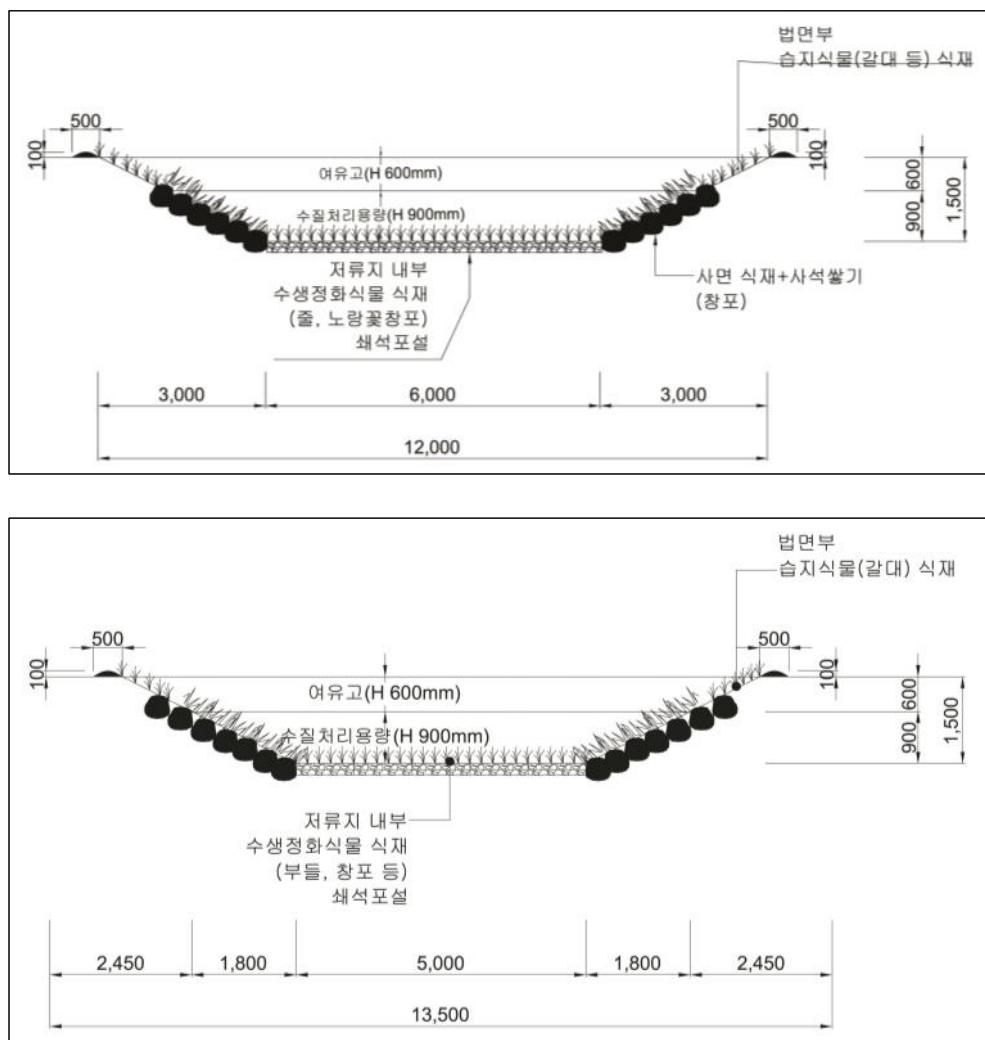
- 전처리시설(침강지) 용량은 수질처리용량(WQv)의 10%이상이 되도록 설계
- 침강지는 안전한 저류를 위해 범면을 사석으로 보강하여 2:1경사로 설계
- 침강지 깊이와 제방여유고 등을 고려하여 최대수심은 1.8m가 되도록 설계
- 물 유입방지를 위해 제방상단부에 10cm의 턱 높임을 설계



〈그림 2〉 침강지 단면도

○ 저류시설 설계

- 사면경사는 유지관리를 위해 2:1경사로 계획하여 사석을 보강하여 설계
- 저류지 깊이와 제방여유고 등을 고려하여 최대수심은 1.5m 정도가 되도록 설계
- 물 유입방지를 위해 제방상단부에 10cm의 턱 높임을 설계



〈그림 3〉 10, 16, 17지점의 저류시설 단면도

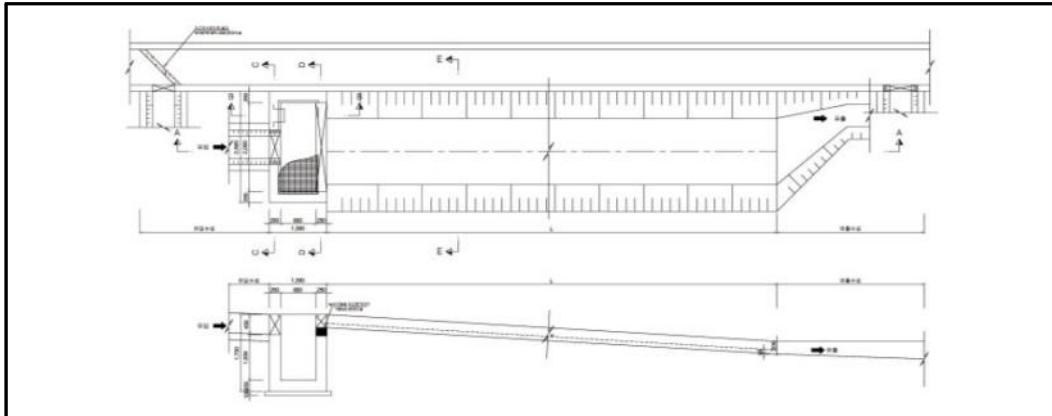
○ 식재 설계

- 오염물질을 분해하여 물을 정화시키고, 곤충의 활동·휴식 및 은신처의 기능도 수행할 수 있도록 하천변에 자생한는 습지식물 위주로 선정
- 저류시설의 수질처리용량수위 하면 30cm부터 제방둑까지의 사면으로 식물을 식재

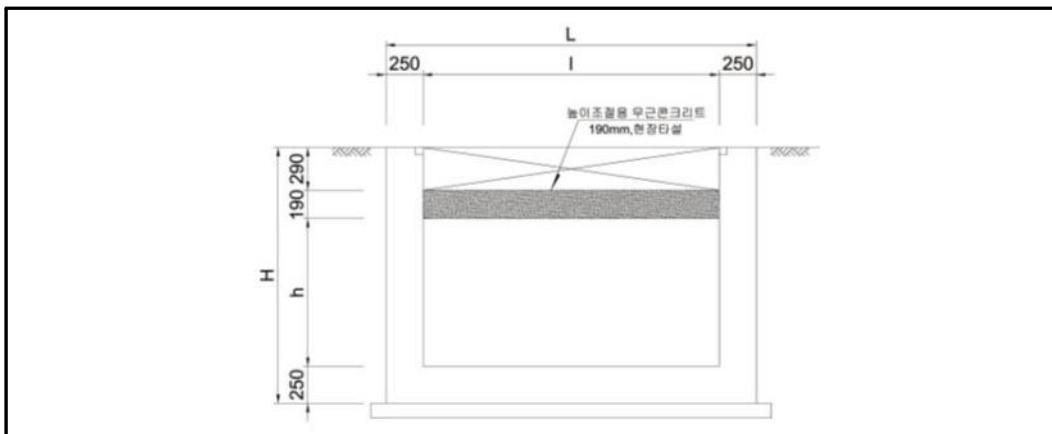
〈표 2〉 식재수량 총괄표

구 분	식물명	규 격	단 위	수 량	비 고
지 피	갈 대	8cm	본	1,640	—
	줄	10cm	본	510	—
	창 포	10cm	본	320	—
	소 계		본	2,470	—
잔디	잔 디	0.3×0.3×0.03	m ²	450.6	—

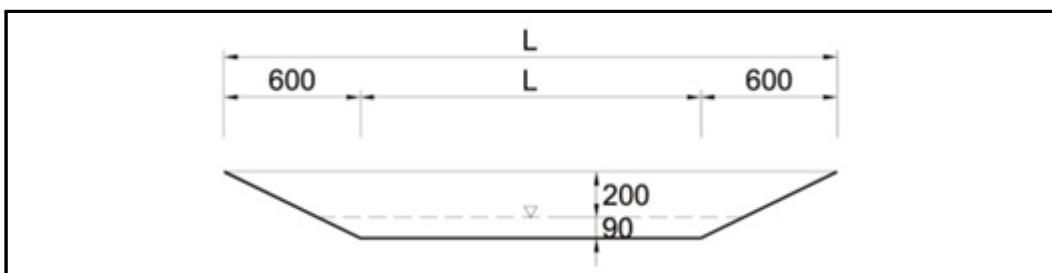
2. 식생수로



〈그림 4〉 식생수로 종평면도

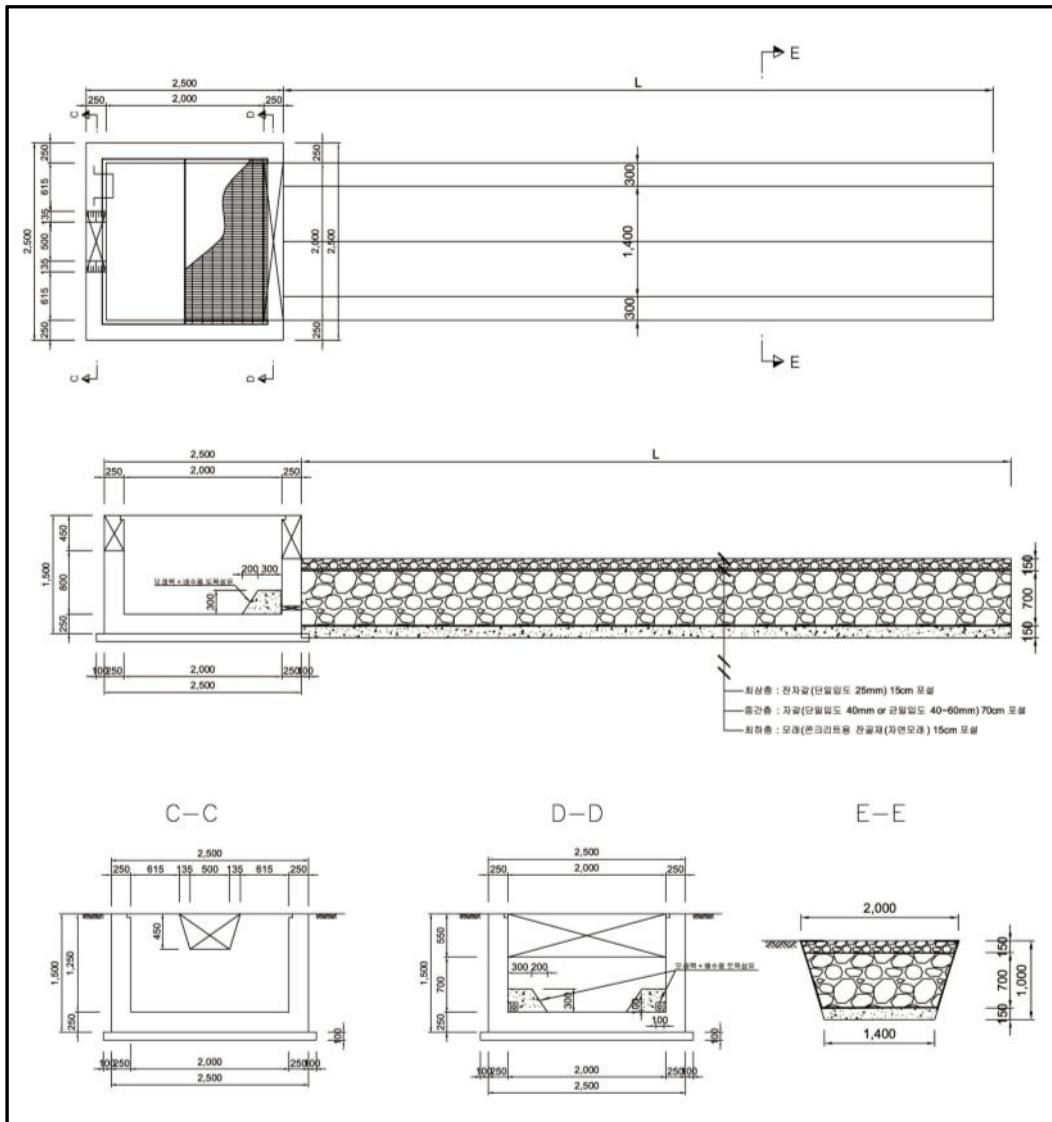


〈그림 5〉 식생수로 단면도 (D-D)



〈그림 6〉 식생수로 단면도 (E-E)

3. 침투도랑



〈그림 7〉 침투도랑 평면도 및 단면도

연 구 참 여 진

◆ 국 토 교 통 부

김 일 평	(전 권병윤)	국토교통부	도로국장
김 인	(전 안정훈/ 손종철)	국토교통부	간선도로과장
김 상 범	(전 이상규/ 정 상/ 백봉기)	국토교통부	담당사무관
백 도 준	(전 박정호/ 홍석표/ 김태호)	국토교통부	담당

◆ 연 구 진

조 혜 진	한국건설기술연구원 도로교통연구실	연구위원
노 관 섭	한국건설기술연구원 도로교통연구실	선임 연구위원
이 용 수	한국건설기술연구원 국가건설기준센터	연구위원
백 종 대	한국건설기술연구원 도로교통연구실	수석 연구원
이 상 혁	한국건설기술연구원 도로교통연구실	수석 연구원
임 지 현	한국건설기술연구원 도로교통연구실	전임 연구원
정 정 화	한국건설기술연구원 도로교통연구실	전임 연구원
김 이 형	국립공주대학교	객원 연구원
이 승 조	(주) 평화엔지니어링	객원 연구원
김 지 태	(주) SDM엔지니어링	객원 연구원
김 회 진	(주) 유비이엔씨	객원 연구원

◆ 자문위원

서민아	환경부	이호상	서울지방국토관리청
김유정	환경부	최장원	한국도로교통협회
박정호	환경부	이무춘	연세대학교
최준규	한국환경정책평가연구원	김종흔	한국도로공사
최지용	한국환경정책평가연구원	오용권	한국도로공사
서성철	한국환경공단	안승길	한국도로공사
권혁	한국환경공단	박준홍	한국도로공사
신동석	국립환경과학원	전용철	한국도로공사
강민지	국립환경과학원	강희만	도로교통연구원
강문식	(주)에코스타	최동식	(주)한맥기술
감병근	(주)대한컨설턴트	현경학	한국토지주택공사

◆ 심의위원

고석오	경희대학교	이창윤	(주)삼보기술단
김명수	국토연구원	정상철	(주)이엔씨기술연구소
노성열	동부엔지니어링	조완형	(주)다산컨설턴트
박석주	(주)동성엔지니어링	한상주	동일기술공사

이 지침에 대하여 궁금한 사항이 있으시면 국토교통부 간선도로과 (044-201-3890 / www.molit.go.kr), 환경부 물환경정책국 수생태보전과 (044-201-7049 / www.me.go.kr)로 문의하시기 바랍니다.