資　　料

軟弱地盤上 스치로폴 輕量盛土工法의 施工

柳　　基　　松
(農漁村振興公社 材料土質試驗室長)

1. 序　論

스치로폴은 발포폴리스틸렌(EPS : Expanded Poly-Styrne)을 지칭하는 말로서 스티렌 모노머(Styrene Monomer)를 중합하여 만든 폴리스티렌과 여기에 첨가한 발포제가 주원료로 되었다. 폴리스티렌은 1930년대에 미국과 독일에서 공업화되었고, 스치로폴은 1943년초에 미국에서 공업화가 이루어져 건물의 단열재, 물품포장재 등으로 이용되어 왔다.

그 후 스치로폴은 노르웨이에서 1972년에 연약지반상 교량의 접속도로 보수공사에서 처음으로 경량성토공법에 이용되어 교대의 측방이동대책으로서 성공을 거둠에 따라 연약지반상의 성토재 및 토압을 받는 옹벽, 교대 등 구조물의 뒷채움재로서 각광을 받게 되었다.

우리나라에서는 양산-구포간 고속도로성토(L=70m),[11] 남해고속도로 확장공사[11] 및 서해안고속도로[13]의 교대뒷채움에 스치로폴 경량성토재가 이용되었다.

스치로폴은 현재 가격이 흙보다 비싼 편이지만 단위중량(20～40kgf/m^3)이 흙의 1/50～1/100 밖에 안되는 초경량재로서 강도, 내구성 및 시공성이 우수한 성토용재료이므로 연약지반위에 구조물 시공시 지반의 과대한 침하, 측방유동 및 사면활동 등이 생길 경우 도로성토재 또는 교대, 옹벽 등 구조물의 뒷채움재로서 스치로폴을 사용하면 이를 방지할 수 있으므로 매우 효과적인 토목자재라 할 수 있다.

따라서 본문은 지금까지의 외국의 연구결과, 시험시공 및 시공실적 등을 토대로 발표된 참고문헌[9]을 중심으로 연약지반상 스치로폴 성토공법의 시공에 대하여 간단히 소개하고자 한다.

2. 스치로폴 盛土工法의 施工

스치로폴 성토시공시 기본적인 고려방법과 표준시공방법을 지금까지의 시공실적을 토대로 기술하면 다음과 같으며, 그 시공순서는 그림. 1과 같다.

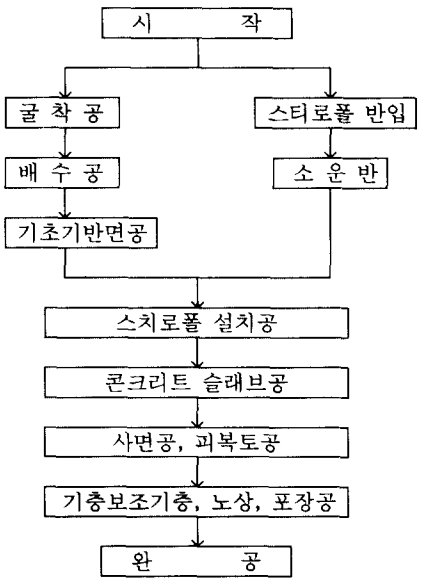

그림. 1. 스치로폴 성토공법의 시공순서[9]

가. 準備工

준비공은 구조물 시공에 미치는 영향이 크므로 공사내용을 충분히 검토하여 가장 적절한 방법을 채용하며, 그 주요항목으로서 공사준비 측량시에 임시수준점설치, 중심말뚝설치, 종횡단면점검 등을 하고 공사용도로, 안전시설, 스치로폴의 반입운반로, 적치장 등을 준비해야 한다.

나. 掘鑿工

연약지반은 지하수위가 높고 차량주행이 곤란한 경우가 많으므로 이를 고려하여 굴착장비를 선정해야 하며, 시공상 유의사항은 다음과 같다.

① 굴착사면 기울기는 굴착심도와 흙의 전단강도에 따라 다르며, 일반적으로 현장조건에 따라 2할 범위 내로 결정한다.

② 굴착시에 지하수, 빗물 및 유입수는 그림. 2와 같이 펌프로 배수시켜 육상작업조건으로 하며, 강우시는 주변에 흙포대 등을 쌓아서 빗물이 굴착부로 유입되지 않도록 한다.

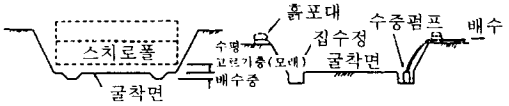

그림. 2. 스치로폴 성토지반의 배수

다. 排水工

스치로폴 성토공법의 문제점은 배수불량에 의한 경우가 많으므로 그림. 3과 같이 배수공을 설치하여 시공중, 완공 후를 막론하고 지하수위를 저하시켜야 한다.

라. 基盤工

기반공은 스치로폴을 설치하는 시공기반을 말하며, 스치로폴을 수평으로 설치하기 위한 기반면 최상부층은 수평고르기층이라 한다. 기반면에는 일반적으로 모래를 부설, 수평으로 고르고 탬퍼 또는 소형진동롤러로 다지며, 모래층이 두꺼우면 다짐이 불충분한 경우가 많으므로 유의해야 한다.

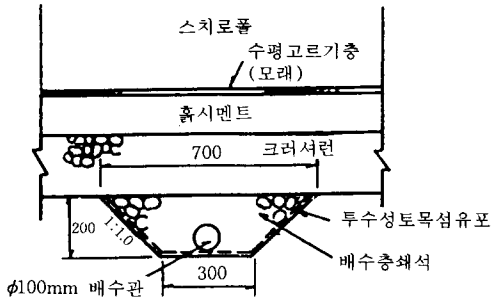

그림. 3. 스치로폴 성토지반의 배수공

이 모래층 하부는 쇄석층 또는 간이 안정처리를 하여 기반으로 시공하는 경우도 있으므로 이를 포함하여 기반공이라 한다. 연약지반상의 스치로폴 성토는 그림. 4와 같이 기초지반을 굴착한 면에 시공할 경우와 성토상에 시공할 경우가 있다.

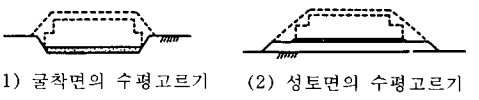

그림. 4. 기반공의 형태

이 공법에서는 지중의 하중분산에 유의해야 하므로 지반이 연약하면 토목섬유포, 지오그리드, 지오웨브 등의 지반보강재를 병용하는 표층처리공법 등도 고려해야 한다. 또한 부설모래가 강우 또는 유입수 등에 의하여 유출될 우려가 있으면 빈배합콘크리트 등을 타설한 후 모래를 부설하고 수평고르기를 하면 좋다.

마. 스치로폴 搬入 및 野積

스치로폴 반입시는 사전에 설계도면의 스치로폴 블록 배열도를 확인 한 후 이에 적합한 제품을 반입하는데 시공높이 조정부, 곡선부 및 구

조물접속부 등에는 가공한 것을 사용하며, 스치로폴 반입은 일반적으로 4톤 트럭(약 40m^3)으로 반입을 하면 좋다.

스치로폴 반입로는 소운반로와 함께 전체 공사기간에 많은 영향을 주므로 가능한 한 스치로폴 설치장소 부근까지 차량이 진입할 수 있는 반입로를 확보해야 한다. 스치로폴은 부피가 크므로 공사진척상황, 보관관리 등을 충분히 고려하여 현장야적장 위치를 결정하고 야적장에는 화기, 석유류의 접근을 막고 망을 덮어서 스치로폴이 바람에 흩어지는 것을 방지해야 한다.

야적장은 평탄한 장소에 선정하고 물이 고이지 않게 그림. 5와 같이 발판 등을 설치한 후 그 위에 쌓아서 스치로폴의 재질이 변하지 않도록 하며, 스치로폴은 자외선에 의하여 변색되므로 1주일 이상 태양광선에 노출될 우려가 있으면 천으로 덮어 두어야 한다.

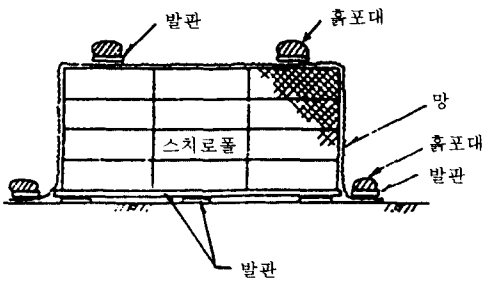

그림. 5. 스치로폴의 야적

바. 스치로폴의 施工

스치로폴은 각층 블록마다 인력으로 시공을 하는데 최하단층 스치로폴은 전체의 시공정밀도에 큰 영향을 주므로 주의하여 시공을 해야 하며, 그 시공은 ① 스치로폴 설치기준선(점) 설치, ② 수평고르기 모래층부설, ③ 제1층 스치로폴설치, ④ 격쇠설치, ⑤ 제2층 스치로폴설치, ⑥ ④ 및 ⑤ 항을 반복하는 순서로 한다.

시공오차는 최하단 블록의 설치정밀도에 달려 있으므로 그 층 설치시는 단차가 발생하지 않도록 주의해야 하며, 곡선구간 등에서 표준치 이상의 틈이 생길 경우는 모래, 모르터 또는 경량골재 등으로 스치로폴 틈사이를 채운다.

또한 최하단층 스치로폴 블록설치시에 각 블록의 인접면이 고르지 않을 경우는 모래 등을 깔아서 조정하거나 다시 수평고르기를 해야 하며, 스치로폴 이음부는 3층이상 연속되지 않도록 하고 설치 도중에 큰 단차가 생기면 모르터 등을 채워서 스치로폴 설치면을 고르게 한다.

한편 스치로폴과 성토 접속부는 그림. 6과 같이 완화구간을 설치하며, 스치로폴 상부에 설치하는 콘크리트 슬래브는 스치로폴 설치상태에 관계없이 1~2m정도를 성토부로 연결시킨다. 스치로폴과 성토 접속구간은 성토침하량 등 각 설계조건에 따라서 급격한 변화가 생기지 않도록 한다.

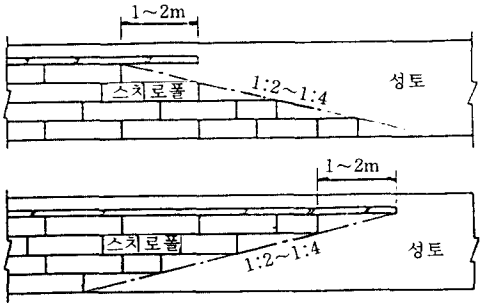

그림. 6. 성토부의 접속

각 스치로폴 블록은 그림. 7의 양면격쇠 또는 1면 격쇠를 그림. 8과 같은 위치에 설치하여 각 블록을 고정시키고 또한 제1단 또는 사면단절부 등에서는 그림. 9와 같이 스치로폴에 L형핀을 꽂아서 지반에 고정시킨다.

스치로폴의 가공은 미리 설계된 재료표에 따라서 공장에서 가공하는 것을 원칙으로 하고 현장에서는 열선와이어(니크롬선 15V)를

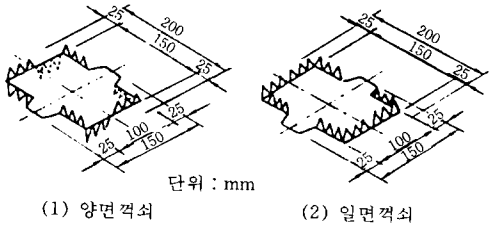

그림. 7. 연결꺽쇠

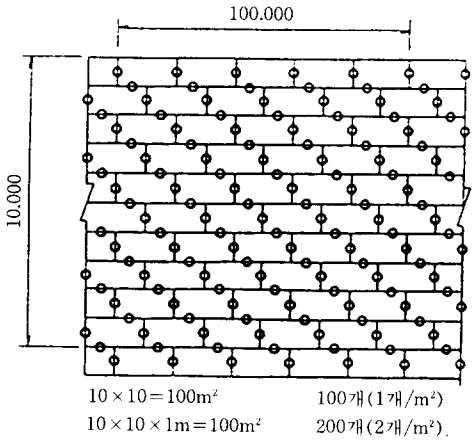

그림. 8. 꺽쇠의 설치 위치

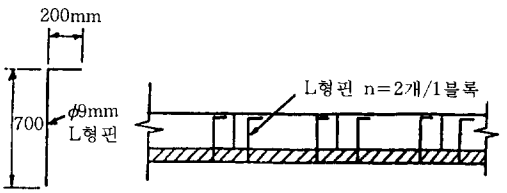

그림. 9. L형핀의 설치

사용하여 가공하며, 스치로폴 시공중 트럭 기타 중장비는 직접 스치로폴 위를 주행하지 않도록 해야 한다.

적층 높이가 2m 이상일 경우는 탈락방지 대책을 취하고 시공중인 곳은 바람에 스치로폴 블록이 흩어지지 않도록 흙포대 등을 올려 놓아야 하며, 스치로폴에는 항상 화기의 접근을 엄금해야 한다. 여름철에 평면적으로 넓게 장기에 걸쳐 작업을 할 경우에는 반사광 때문에 눈이 부시므로 색안경을 쓰고 작업을 하면 좋다.

사. 콘크리트 슬래브工

콘크리트 슬래브공은 설치완료된 스치로폴 정부 및 설계에 따라 중간부에 설치하는 콘크리트층으로서 이것은 상재하중을 균등히 분산시키고 스치로폴 설치시에 생기는 요철 및 단차를 수정하고 스치로폴 상호간을 슬래브 하중으로 안정시키는 역할을 한다.

또한 이것은 유해물질의 침투방지층 역할을 하고 앵커, 타이바 등을 고정할 수 있으며, 스치로폴 상부에 시공하는 피복공, 노반재 등의 시공기반이 된다. 슬래브는 콘크리트 펌프로 콘크리트를 타설을 하고 각목으로 표면마무리를 하며 일반적으로 용접한 철망(ϕ=6mm, 150×150mm)을 중간에 배근하여 콘크리트의 균열을 방지한다.

부력에 대한 대책으로 콘크리트 슬래브 시공후 신속히 복토, 노상, 보조기층, 기층공을 시공해야 하므로 콘크리트는 조강시멘트를 사용하면 좋다. 절, 성토부와 종횡방향의 성토접속부에는 노상과 노체에 지지력 불균형이 없도록 그림. 10과 같이 1:4 정도를 기준으로 완화구간을 설치한다.

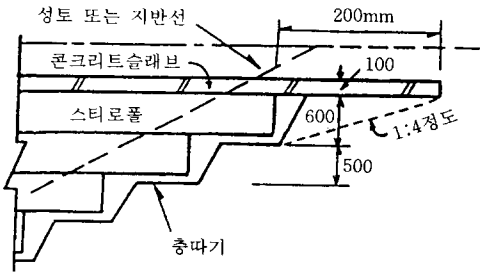

그림. 10. 스치로폴 성토의 접속부

아. 斜面工

스치로폴 성토사면에는 그림. 11과 같이 스치로폴 보호공으로는 토목섬유포 포설 또는 콘크리트를 타설 한 후 복토를 한다. 이때 백호 등으로 최소 25cm 이상의 두께를 복토한 후 버킷 등으로 충분히 전압, 복토두께를 고르게 하여 스치로폴성토 전체에 하중이 균등히 작용하도록 한다. 한편 연약지반에서는 그림. 12와 같이 복토를 하면 침하가 생길 우려가 있으므로 주의를 해야 한다.

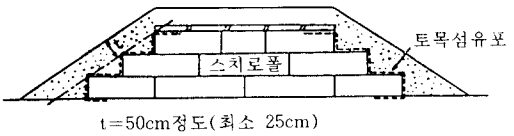

그림. 11. 스치로폴 성토사면의 피복

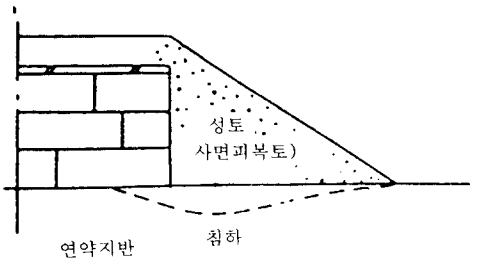

그림. 12. 피복토에 의한 침하

3. 結　言

노르웨이, 일본 등에서는 스치로폴 경량성토공법을 실용화하고 기 시공현장에서 시료를 채취, 각종 시험 등을 하여 장기적인 연구를 계속하고 있으며, 우리나라에서도 스치로폴 경량성토공법에 관한 심포지엄 개최와 아울러 도로에 스치로폴을 시험성토하여 이 공법에 대한 연구를 계속하고 있다.

현재로서는 스치로폴 가격이 흙재료보다 비싸서 비경제적이므로 우리나라에서 이 공법을 적용하기에는 아직 이르지만 구조물의 설치조건 및 특성에 따라서는 이 공법을 이용해야만 하는 경우도 있다.

따라서 제품회사는 염가의 스치로폴 생산에 역점을 두고 각 연구기관은 더욱 관심을 가지고 산학협동으로 경량성토의 설계 및 시공시 품질관리를 할 수 있도록 토목재료로서 우리나라 스치로폴의 허용응력, 물성시험방법 등의 연구가 진행되어야 할 것으로 본다.

參 考 文 獻

1. Thomas A. Coleman(1974):"Polystylene Form is Competitive, Lightweight Fill", Civil Engineering, ASCE, 14-2, pp. 68-69.
2. NRRL편(1987):"Plastic Form in Road Embankments", Norwegian Road Research Laboratory, Oslo.
3. 福住隆二(1986):"發泡スチロール土木工法", 日本土木學會論文集, 373호, pp. 148-150.
4. 能等緊幸(1986):"發泡ポリスチレンを用いた盛土工法", 土木技術, 41-3, pp. 30-34.
5. 류기송(1989):"발포폴리스틸렌(Expanded Polystyrene)의 물성과 이용", 한국농공학회지, 31-1, pp. 9-12.
6. 류기송, 권성우(1989):"발포폴리스티렌(EPS)공법을 이용한 농도의 새로운 기초처리", 농공기술, 6-4, pp. 156-160.
7. 通口靖明(1990):"發泡スチロール盛土工法", 基礎工, 18-12, pp. 10-20.
8. 류기송(1991):"발포폴리스티렌(EPS)에 의한 성토의 설계", 대한토질공학회지, 7-2, pp. 83-86.
9. 日本 建設省 土木研究所 編(1992):"發布スチロールを用いた設計・施工のマニュアル".

10. 정형식(1994):"EPS 이용 성토공법의 개요", 발포폴리스티렌(EPS) 이용 성토공법 국제심포지엄 논문집, 한국지반공학회, pp. 5-31.
11. 홍성완(1994):"EPS의 공학적 특성", 발포폴리스티렌(EPS) 이용 성토공법 국제심포지엄 논문집, 한국지반공학회, pp. 53-80.
12. 장용채, 허윤, 김홍종, 최영철, 유병옥(1994):"한국의 EPS 성토공법 시공사례 연구", 발포폴리스티렌(EPS) 이용 성토공법 국제심포지엄 논문집, 한국지반공학회, pp. 81-103.
13. M. Abe(1994):"일본의 EPS공법 설계 및 시공", 발포폴리스티렌(EPS) 이용 성토공법 국제심포지엄 논문집, 한국지반공학회, pp. 125-138.