

## 초연약지반상의 복토시공에 대한 이야기

박병기

전남대학교 명예교수

1. 우리나라 서해안이나 남해안 일대에 깊게 분포되어있는 “빨”흙은 고함수비의 해성점토일 경우가 태반이고 지역에 따라 다르지만 자연함수비가 50%이상에서 110%을 넘는 경우가 많으며 거의 액성한계와 같거나 오히려 초과하는 경우가 많다. 전자는 정규압밀점토로 볼 수 있으나 후자는 압밀의 경시효과가 충분하지 못한 이른바“저위구조”를 이룬 퇴적층으로서 대표적으로는 준설매립토와 같은 경우가 이에 해당된다.

이와 같은 지반을 압밀강화하여 산업부지로 이용하는 공법이 70년대 후반부터 적극 도입되어 큰 업적을 이루어 오늘에 이르고 있다. 강화공법의 태반은 연직압밀배수공법으로 초기에는 SD공법, 이어서 P.D.공법, Compaction S.D 공법, Pack Drain 공법 등으로 발전하면서 연약지반강화공법의 주류를 이루고 있다. 그러나 이와 같은 공법을 수행하는 데는 시공 중기의 투입이 전제가 된다. 따라서 이들 중기의 “Trafficability”를 확보하기 위해 주행에 필요한 복토를 시공하게 되는데 거의가 인장력이 큰 Geotextile 또는 Geogrid를 깔고 그 위에 약 1m내외의 복토를 몇 차례로 나누워 시공한다.이때 사용하는 습지불도저는 접지압이 가장 낮은 기종을 택한다. 그러나 습지불도저의 진입이 불가능한 고함수, 초연약지반일 때는 시공구역 밖 양호한 지반에 설치한 토사살포기를 이용하여 복토를 시작한다.

대략 이와같은 과정을 거쳐 소요두께의 복토를 시공하는데 점차 시공구역이 넓어지면 복토 정리나 전압을 위해 도저나 운반차의 진입과 이후의 압밀중기를 주행 시킬때 지반의 융기나 함몰 등 큰 변형이 발생하여 Geotextile등이 찢어지거나 물결쳐 공사에 애를 먹는 경우가 흔하다. 따라서 복토를 소정의 두께로 시공하고 그 후의 중기 진입에도 지반변형이 최소화 시키기 위해서는 복토나 중기의 하중을 분산시켜 지반의 변형을 국부적으로 집중시키지 않고 분산시키는 역할을 하여 Geotextile 이나 Geogrid 가 구조체로서의 강성을 갖는다면 응력집중이나 변형을 크게 완화시킬수 있다. 따라서 자연스럽게 옛날부터 삽공법이나 통나무, 대나무를 까는 복토공법이 전해지고 있다. 결국 오늘날에도 큰 지반변형을 막기 위해서는 우선 균등한 복토시공과 이 복토 하중을 분산시켜 지반 변형에 저항할 수 있는 강성이 있는 하중분산용 mat를 까는 방법 외에는 다른 방법이 없다고 할 수 있다.

현재 초연약지반에 복토를 균등한 두께로 시공하기 위해서 벨트콘베어를 이용한 복토살포기가 이용되는데 최근에는 경량화된 살포전용 도저에 돌출분을 장착하여 자유롭게 이동하면서 붐에 장치된 벨트콘베어에서 반입된 토사를 돌출분 끝에 장착한 회전체에 의해 자유로운 각도로 멀리 살포하는 기종이 개발되고 있다. 그리고 지반위에 구조적 강성을 갖는 mat 로서는 대나무를 육상 또는 해상에서 0.5m~1.0m의 간격으로 격자형으로 결속하여 Geotextile 과 함께 연약점토층에 설치하여 복토살포기에 의해 복토를 시공하고 50cm정도의 복토가 이루어지면 습지도저를 이용 후속 복토를 하는 방법이다. 대나무 mat는 일단 설치되면 인력진입이 가능하고 복토가 시작되면 습지도저의 진입도 가능하다. 이는 대나무 매트에 의한 하중 분산 효과가 어떠한 재료보다 크고 변형을 크게 분산시키기 때문이다. 만약 이들이 조합되어서 (Geotextile + 대나무mat + 복토살포기) 시공된다면 어떠한 연약지반에서도 조기에 그리고 안전하게 복토가 성공되리라고 믿고있다.

2. 현재 이 대나무 mat에 대한 연구와 시공사례가 국내에서 상당히 진행 중이다. 연약지반상에 포설하

는 강성 mat가 그 강성 때문 변형에 대해서 어느정도 저항해주면 그만큼 시공이 용이하고 변형도 완화된다. 이런 이점 때문에 최근 광양, 여수, 부산신항의 연약지반에 많이 이용되고 있다. 다른 Geotextile류에 비해 이 mat가 국부적 융기나 함몰을 완화하고 비교적 등침하에 가깝도록 지반이 변형되는것이 장점이다. 이와같은 성공사례가 축적되면 이를 이론적으로 추구하는 연구가 이루어 질 것이 기대된다. 시공기술 선도형의 이 공법이 이론적으로도 뒷받침 되는 성과를 기대하고 있지만 현재로서는 아직 설계방법이나 강성구조체로서의 하중전달기능, 그리고 지반과의 상관성등에 대해서는 암중모색이라고 할 수 밖에 없다. 현재 개략적 설계방법은 일본에서 제안된 Geotextile류의 제안식을 이용하거나 수정하여 사용되고 있으며 그 외에 판이론이나 trus이론등 여러 가지가 제안되고 있지만 아직 실용단계는 아니고 또한 강성체 구조로서의 설계 방법이라고 볼 수는 없다. 이론적으로 하중전달 기능에 대해서는 여러 가지 모델이나 또는 실내모형시험에서 얻어지는 응력-변형 관계로부터 역산하여 강성추정에 필요한 정수를 수정하는 방식으로부터 전체의 변형을 파악하려는 연구들이 있으나 실제문제와의 연관성은 미지수이다. 앞으로, 지금 시공되고 있는 사례를 계속 관측하여 많은 자료가 축적되면 대비가 될 것이다.

언제나 문제가 되는 것은 이 구조체와 이들을 떠받치는 지반과의 거동이다. 고함수상태의 지반이면 지반이 유동체와 같고 굳으면 탄성 내지 탄소성 거동을 하게 되므로 응력-변형관계가 천차만별이 된다는점 일 것이다. 따라서 현재로서는 제한된 범위에서의 지반을 대상으로 연구나 모형실험에 한정되고 수치계산도 그러하다. 현재로서는 범용적으로 쓰일 설계식이나 응력-변형관계를 제안할 만한 단계에 있지 않다. 또한 이와같은 상황을 설명 할 수 있는 구성식이나 모델링은 어찌면 불가능할지 모른다. 그러나 그 어떤 시공법 보다는 이 강성체 mat가 변형의 분산효과가 크다는 것은 부인할 수 없으며 현재로서는 대안이 없다. 따라서 굳이 범용성이 있는 모델링에 집착하지 말고 지반의 상태에 따라 실용적 범위에서 구분하여 가려 쓸 수 있는 근사적인 실용식의 출현을 기대하고 있다. 보다 더 많은 현장관측자료가 모아지면 더 나은 실용식이 제안될 것이다.



그림 1. 수중 대나무매트 포설 전경