Operating Instruction :

Wet sieving apparatus (08.13)

1. 도입

본 장비는 입단안정성, 즉 기계, 물리/화학적 힘에 대한 토양 구조의안정성을 측정하기 위한 장비이다.
토양구조는 토양을 구성하는 모래, 실트 및 점토 등 1차 입자들이 결합하여 2차 입자인 입단을 형성할 때 입자의 배열양식을 말한다. 토양구조는 토양의 투수성, 통기성, 역학적 강도, 경운의 난이 등 물리적 성질에 큰 영향을 준다. 즉, 토양공극의 질과 양을 결정하며, 경운의 측면에서 물리적 비옥도의 핵심이고, 역학적 측면에서는 구조수축거동, 소성변형 및압축에 대한 안정성에 영향을 미친다.

2. 입단 안정성이란

Wet Aggregate

토양이 물에 적셔지는 과정은 이온이 수화되거나, 삼투 팽윤력에 의해서 클레이 플레이트가 서로 밀치고, 입단이 팽윤되는 입단파괴 과정이다. 만일 입단이 건조부분에 비해 부분적으로 적셔지는 과정이 매우 빠르게 이뤄지면, 전단면의 많은 결합들이 깨지는 과정을 동반한다.
몇몇 결합물질들은 가용성이어서, 물이 침투하면 녹는다. 또한 다른 물질들은 수화되어 결합이 약해지거나 유동성이 높아진다. 그러나, 만일 입단이 대기압 상에서 서서히 적셔지거나, 진공 상태에서 빠르게 적셔지면 결합(bonding)은 입단을 그대로 유지할 수 있을 정도의 힘을 유지할 수 있다.
만약 건조 입단이 대기압 하에서 빠르게 적셔지면 많은 입단이 붕괴되거나 슬래이킹(slaking)이 일어난다.
Lyles 등은 건조한 토양의 입단이 강우에 의해 축축해진 토양에 비해 두 배나 더 많이 부셔지는 것을 발견하였다. 이러한 사실은, 빠르게 적셔진 slaking 입단에서 공기가 발생하는 사실과 더불어, 토양 내 entrap 되어있는 공기가 입단의 붕괴(disintegration)에 중요한 영향을 끼친다는 것을 말해준다. Kemper 등은 상대습도 50% 이하에서 보관되어 있는 토양입자의 표면은상당량의 산소 및 질소 분자가 흡착(absorbed)되어 있다고 하였다. 이 토양샘플을 물에 담궈 적시면, 산소/질소 분자가 더 강하게 흡착되는 물 분자에 의해 치환된다. 치환되어 나온 산소/질소 분자는 공극 내 붙잡혀 있던 공기와 합쳐지게 되는 한편, 모세관이 물을 입단내로 물을 끓어 당기며 압이 증가하게 되고 결과적으로 공기방울이 발생하게 된다.

Equipment to Apply Disintegrating Forces & Measure Results

초기의 수화 입단의 안정성에 대한 실험은 wet-sieving을 통해서 크기별로 분리하여 이뤄졌다.

Yoder는 이 방법에서 부족한 점을 추가하고 체계화하여 수정된 wet-sieving 법을 제창하였다. Yoder의 방법에 따르면 6개의 체를 크기별로 쌓고, 50g의 풍건 토양을 맨 위의 체에 놓은 후 토양이 물에 잠기도록 물에 담그고는 체를 상하로(약3.18cm) 30분간 작동시킨 후(30 cycle/min), 각 체에 남아있는 잔류물을 건조시킨 후 무게를 측정하는 것이다. 지름이 0.1mm 보다 작은 입자들은 침강, decanting, 건조 칭량하여 측정하였다. 현재, 대부분의 내수성 입단 분석은 Yoder의 방법, 또는 이의 변형이다.

Kemper를 포함한 많은 연구자들이 하나의 체를 이용하여 실험하여도 입단 안정성을 측정할 수 있고, 실용적인 측면에서 포장의 현상과도 더 잘 부합된 다는 연구결과를 발표하였다. 또한 Yoder의 방법에 따르면, 크기별 분포 결과를 통계기법을 이용해서 단일한 수치로 표시해야 토양별 내수성 입단 안정성을 수치화 할 수 있지만, 하나의 체를 이용할 경우에는 이러한 불편함을 덜 수 있다.

기기의 개략도는 다음과 같다. 사용되는 체는 60mesh 이다. 또한 스트로크는 1.3cm 이며 35cycle/min의 주기로 작동하며 직경 1–2mm 크기의 입단을 측정하도록 고안되었다. 입단 붕괴의 일차요인은 습윤 과정에 관련하는 힘이며, 前述하였듯이, 진공상태에서 적셔지면 대기압 상에서 이뤄지는 것보다 적게 붕괴된다.

일례로, 습윤 지역의 토양은 높은 입단 안정성을 갖는다. 대기압 상에서 입단의 붕괴가 쉽게 관찰되는 토양도 실험 기기 상에서 가볍게 진공을 걸어주거나, 에오로졸 형태로 적셔주면 거의 100%의 입단 안정성을 보인다.

분당 35회의 싸이클, 스트로크 길이 1.3cm 로 작동시키면 1 - 2mm 크기의 입단만 체 위에

남게 되며, 체의 구멍보다 작은 입자들은 3분 이내에 다 빠져 나간다. 이후 계속 작동시키면 마찰에 의해 서서히 붕괴가 일어난다. 주기를 늘리거나, 스트로크 길이를 늘리면 붕괴 기울기가 더욱 급해진다. 이는 강우속도가 빨라지면 furrow erosion이 증가하는 것과 유사한 논리이다.

3. 실험방법

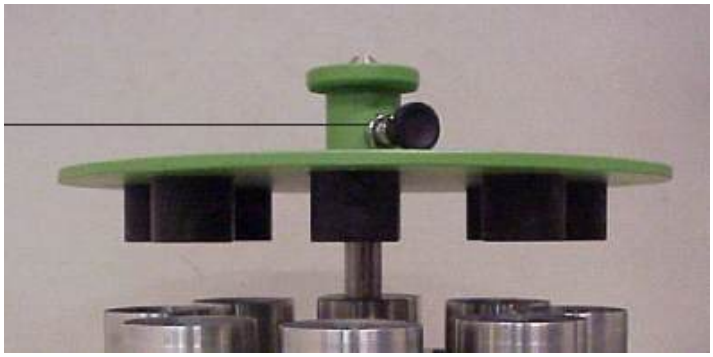
내수성 입단 안정성 측정에서 가장 기본적인 요인은 시료를 적시는 방법이다. Kemper 등은 진공 습윤 또는 에어로졸을 이용하여 서서히 적시는 과정을 제안하였는데 이러한 방법은 입단의 최소한의 붕괴를 일으키기 때문에 수 % 이내 오차에서 입단안정성 결과를 보이므로 합리적인 방법이라 할 수 있다.

만일 샘플이 분무로 적셔시면(30 여분) 장비를 이용하여 물에 담그기 전에 포장용수량 정도의 수분함량에 도달하므로 진공상태에서 빠르게 적신 시료에 비해서는 안정성이 약간 높을 것이다. 실험자는 분무시에 일정 간격마다 무게를 측정하여 수분함량을 모니터링, 적절한 범위의 적셔지는 정도를 결정한다. 동시에 적정범위 샘플의 색 같은 요인을 관찰하여 육안으로 구별해 두는 것이 좋다.

Determining the Stability

1. 4g의 1-2 mm 풍건 입단을체에 놓는다.
2. **특정 수분함량까지 표준화된방법을 이용해 토양을 적신다.**
3. 체를 장착한다.
4. 무게를 측정하고 번호를 매긴 캔을 놓고, 체 홀더를 build-in stop에 위치시킨다.
5. 캔에 증류수를 붇는다. 증류수의 양은 프레임이 맨 아래까지 갔을 때 체 위의 토양시료가 모두 잠길 정도여야 하며, can-fill opening을 통해 채워 넣는다.
6. 홀더를 축의 두 번째 홈에 고정시킨다.
7. 전원이 OFF로 되어 있는지 확인한다.
8. 전원 플러그를 꽂는다.
9. 스위치를 ***"3 MIN"***에 놓아 상하로 작동시킨다. (작동시간 3분±5초, 스트로크 1.3cm, 34time/min) 3분 후에 자동으로 멈춘다.
10. 홀더를 들어올려 축의 첫 번째 홈에 고정시킨다. 체에서 더 이상 흘러나오는 물이 없을 때 캔을 꺼낸다.

11. 무게를 측정한 또다른 캔셋트(numbering)를 놓는다.



12. 캔에 분산제 100mL를 채운다. (pH > 7일 경우에는 2g sodium hexametaphosphate/L, pH < 7일 경우에는 2g NaOH/L)
13. 체 홀더를 두 번째 홈(working position)에 고정시킨다.
14. 스위치를 ***"Continue"***에 놓고, 모래입자나 나무뿌리 같은 부유물만 체에 남을 때까지 상하로 작동시킨다. 5-8분 정도 작동 후에도부서지지 않은 입단이 있을 경우에는 기계를 멈추고, 고무막대등을 이용해 입단을 부순다. 그 후 재작동하여 다 걸러낸다.
15. 홀더를 들어올려 축의 첫 번째 홈에 고정시킨다. 더 이상 분산용액이 흘러나오지 않오면 번호를 매긴 캔을 꺼낸다. 이 때 캔에 남아있는 물질은 내수성 입단의 양이 된다.
16. 10번과 15번 과정에서 들어낸 캔을 110℃에서 물이 다 날라갈때까지 건조시킨다.
17. 무게를 측정후 캔 무게를 빼서 남아있는 물질의 무게를 측정한다. 이 때, 가해진 분산제의 양만큼 0.2g을 더 빼준다.
18. 내수성 입단율(%)

    = 분산제를 가한 캔의 토양무게 / (분산제 및 증류수를 가한 캔의 토양무게 합)

※ 입단의 분산과정을sonication probe를 사용할 경우에는 증류수 상에서 분산시켜도 된다. 따라서, 17번 과정에서 추가로 0.2g을 제할 필요가 없다.

이 경우 실험과정은 다음과 같다.

12. 캔에 증류수를 채우고, ultrasonic probe로 medium frequency에서 30초간 분산시킨다.
13. 체 홀더를 두 번째 홈(working position)에 고정시킨다.
14. 스위치를 ***"Continue"***에 놓고, 모래입자나 나무뿌리 같은 부유물만 체에 남을 때까지 상하로 작동시킨다. 5-8분 정도 작동 후에도 부서지지 않은 입단이 있을 경우에는 기계를 멈추고, 고무막대등을 이용해 입단을 부순다. 그 후 재작동하여 다 걸러낸다.

15. 홀더를 들어올려 축의 첫 번째 홈에 고정시킨다. 더 이상 분산용액이 흘러나오지 않오면 번호를 매긴 캔을 꺼낸다. 이 때 캔에 남아있는 물질은 내수성 입단의 양이 된다.
16. 10번과 15번 과정에서 들어낸 캔을 110℃에서 물이 다 날라갈때까지 건조시킨다.
17. 무게를 측정한 후 캔의 무게를 빼서 토양만의 무게를 잰다.
18. 내수성 입단율(%)

    = ultrasonic한 캔의 토양무게 / (ultrasonic 및 증류수를 가한 캔의 토양무게 합)