

정적 액성한계 시험방법에 의한 AAS계 토양계량제의 적용에 대한 연구

김경민*, 이병석*, 양승현**

*전북대학교 토목공학과

**전북대학교 지역건설공학과 교수

cv45cv@naver.com

A Study on the Application of AAS-Based slope Stabilization material by Static Liquid Limit Test Method

Kyung-Min Kim*, Byung-Suk Lee*, Seung-Hyeon Yang**

*Dept. of Civil Engineering, Jeonbuk National University.

**Dept. of Regional Construction Engineering, Jeonbuk National University

요 약

기상이변으로 인한 집중호우가 증가함에 따라 많은 비탈면들이 붕괴 및 세굴이 일어난다. 이에 따라 여러 가지 보강방법 중 토양계량제를 사용한 표층개량공법이 많이 적용되고 있으나, 실제 현장에서 토양계량제를 적용할 때 적절한 배합량에 대한 기준이 존재하지 않아 어려운 실정이다. 하여, 본 연구에서는 실제 현장의 시료들을 채취해서 물리적 실험과 일축압축실험을 진행하여 각각의 흙을 통일분류법으로 분류하였고, 흙의 종류별로 적절한 표층개량제의 최적배합비를 선정하였다. 또한, 흙을 분류하는 과정에서 정적 액성한계 시험방법과 동적 액성한계 시험방법을 진행하여, 달라진 흙의 종류에 따라 최적배합비를 재선정 하였고, 그 결과 액성한계시험의 차이로 인해 시공의 기준이 달라짐을 확인할 수 있었다.

1. 서론

세계적으로 기후변화가 발생함과 동시에 우리나라 또한 짧은 기간 동안 많은 강수량이 내리는 국지성 호우가 발생하였다[1]. 이러한 기상이변으로 인한 집중호우가 증가함에 따라 많은 비탈면에 세굴 및 유실이 일어나고 있다. 이러한 비탈면 붕괴를 방지하기 위한 보강방법으로는 네일링(Nailing), 앵커(Anchor) 공법들이 사용되고 있으나, 실질적으로 비경제적 일뿐만 아니라 미관을 해치는 문제가 발생한다.

[2]는 표층개량공법과 구배완화, 옹벽, 파일, 보강토 옹벽 안정성, 작업성, 경제성, 시공 기간, 지속성에 대한 5가지 항목에 대한 평가 결과 표층개량 공법의 효용성을 높게 평가 하였고, 최근 토양계량제를 사용하는 현장들이 많이 증가 하였다.

이러한 토양계량제를 사용하여 표층개량공법을 이용하는 것이 성능이 매우 우수하나, 정확한 현장 적용 기준이 존재하지 않아, 시방 기준인 현장의 함수비 기준으로 배합비를 6-9%로 나누었으나, 그 현장의 재료의 특성과 토질 고유의 특성을 함수비만으로 설정하기에는 오차가 존재하여 이를 현장에서 적용하기 위한 기준을 잡는 연구가 필요하다.

이에 따라 현장별로 시료를 채취하여 각 시료를 흙의 물리적 실험을 통해 통일분류법으로 분류하여 강도 측정을 통한 배합비율을 제안하였다. 이때 정확한 분류를 하기 위해 현재

시행하고 있는 동적 액성한계 시험방법을 정적 액성한계 시험법과도 비교하였다.

2. 물리적 특성

2.1 물리적 실험

18개의 실제 사면 붕괴 현장의 시료를 채취하여 시험을 진행하였다. 진행한 시험으로는 KS규정에 의거하여 비중시험(KS F 2308), 체가름 시험(KS F 2309), 다짐시험(KS F 2312), 비중계시험(KS F 2302), 액·소성 한계 시험(KS F 2303, BS 1377)을 실시하였고, 결과는 [표 1]에 나타내었다.

[표 1] 흙의 물리적 특성

	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	#200 통과율	#4 통과율	OMC
Dma yang A	0.009	0.05	0.09	57.7	85.6	15.9
Dam yang B	0.0013	0.05	0.068	73.3	99.6	20.1
Jinan B	0.001	0.009	0.07	61	89.4	-
Chaunju	0.003	0.039	0.2	53.5	84.2	18.3
Jeon ju	0.0025	0.055	0.1	54.9	99.1	17.1

Naju A	0.0015	0.029	0.09	58	99.6	14.6
Naju B	0.0015	0.008	0.05	62.5	99.9	17.5
Goryung A	0.0045	0.007	0.009	97	99.4	25.6
Goryung B	0.0095	0.11	0.035	91.2	99.1	26.8
Gurye A	0.01	0.17	0.85	17.9	96.8	11
Gurye B	0.001	0.15	0.75	19.8	94.3	11
Gwangyang	0.02	0.068	2.5	34.6	68.3	16.2
Jinan A	0.0054	0.05	2.9	33.7	77.8	19.5
Jinan C	0.0026	0.08	0.22	27.9	98.3	15.9
Gyeongju	0.02	0.4	1.75	14.8	89.1	11.6

3. 실험결과

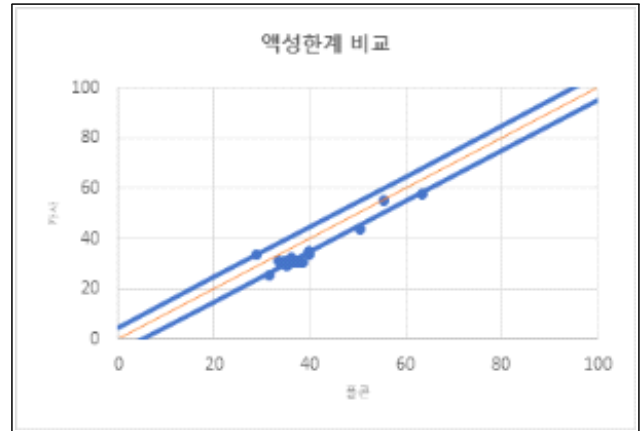
3.1 액성한계 시험을 통한 최적배합비 산정

흙의 성질을 결정하는 주요한 사항 중 하나는 액성한계로 이러한 값으로 성토재료 등의 적합 여부를 판단하고, 압축지수를 추정하는 데에도 이용하고 있다.

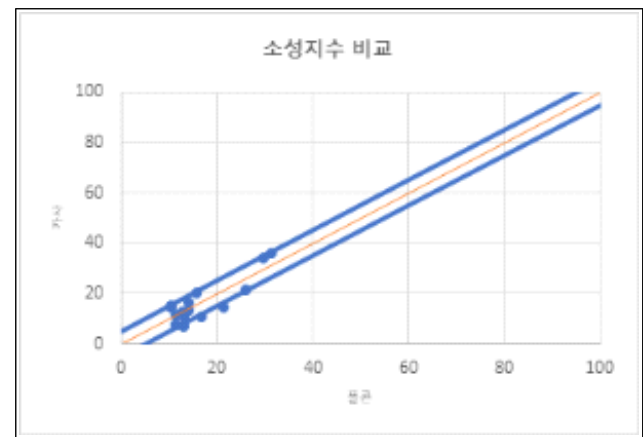
따라서 흙의 공학적인 성질을 파악하는데 있어 기본적인면서도 중요한 역할을 한다[3].

[그림 1, 2]는 동적인 시험인 Casagrande 시험과 정적인 시험인 Fall cone의 액성한계와 소성지수를 비교한 것이다. 서로의 값을 상호 비교한 결과 상당히 일치함을 알 수 있었다.

일축압축 강도를 통하여 최적배합비를 산정하였다. 일축압축의 강도를 정할 때에는 국토교통부에서 제시한 도로비탈면 녹화공사 설계 및 시공지침의 토양경도계 관입 깊이에 따른 식물 생육관계를 통해 목표 강도치를 선정하였다. 이는 단순히 강도증진만을 목적으로 설정한 것이 아닌 실물의 생육이 양호하고, 근계 생장에 적합한 강도를 고려하여 1300~2800kPa의 적정 강도로 설정하였고, 배합비 산정에서 최소 1300kPa를 만족하는 강도를 기준 강도로서 최적배합비를 산정하였다.



[그림 1] Casagrande와 Fall cone의 액성한계 비교



[그림 2] Casagrande와 Fall cone의 소성지수 비교

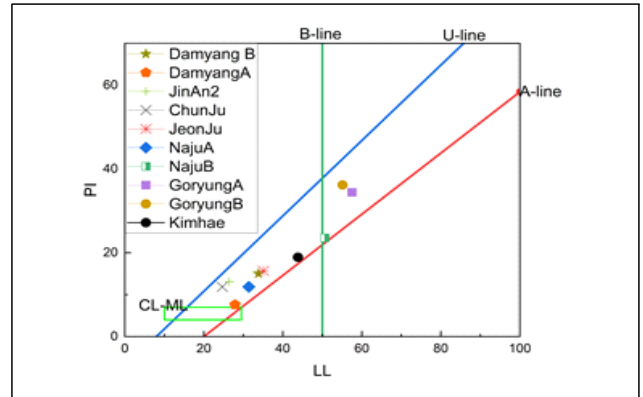
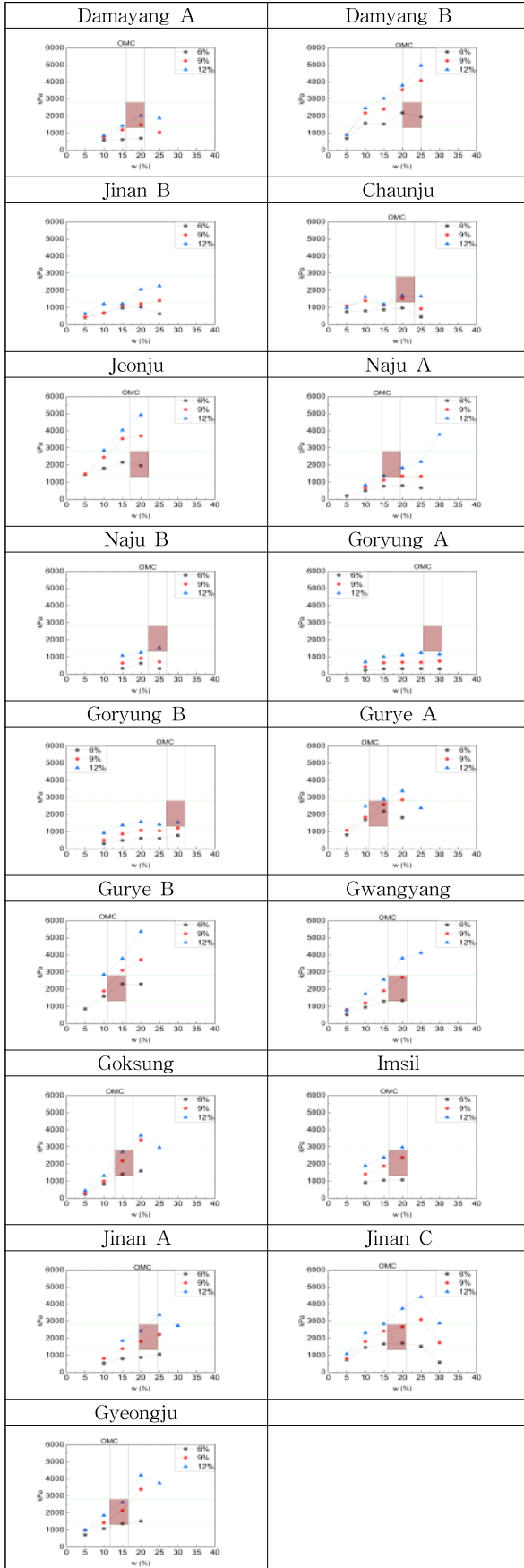
[표 2]는 각 현장별 시료를 일정 배합비로 90일간 양생 후 강도와 배합비의 그래프이다. 이때 초기에 설정하였던 1300~2800kPa의 영역과, 최적함수비에 대하여 +5%의 함수비의 영역을 설정하였다.

이를 이용하여 각 현장별 최적배합비를 산정하였다. 최적배합비를 산정 시 6%와 9% 모두 충족할 때에는 경제성을 고려하여 6%로 산정하였다.

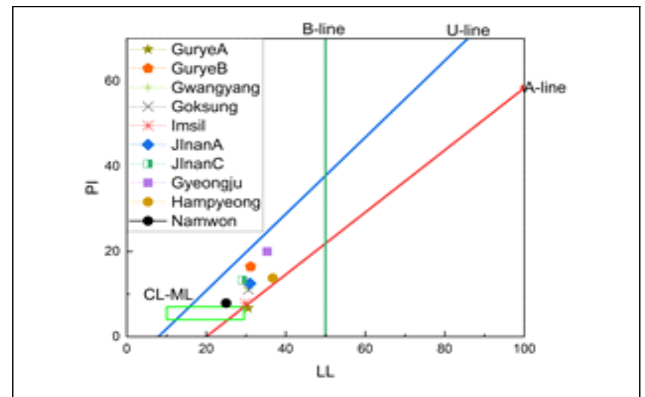
이러한 시험을 통한 분류 결과는 90일이라는 시간적인 한계가 존재하여 보다 현실적으로 활용하기 위하여 토질에 따른 공학적 분류를 통한 배합비 산정이 필요하다. 액성한계 소성한계 실험은 세립토의 공학적 분류에 중요한 실험이지만 기존의 Casagrande와 Thread Rolling의 경우에는 시험자의 숙련도 문제와 정적인 시험을 동적으로 진행한다는 모순이 있다는 지적이 여러 학자들에게 논의 되어온 것 또한 사실이다[3].

따라서 Casagrande와 Thread Rolling에 의하여 분류한 결과로는 다소 충족하지 못하는 경우가 있어 정적 시험인 Fall Cone으로 재분류 하여 각 시험방법에 따른 흙의 분류를 [그림 3-6]에 나타내었다.

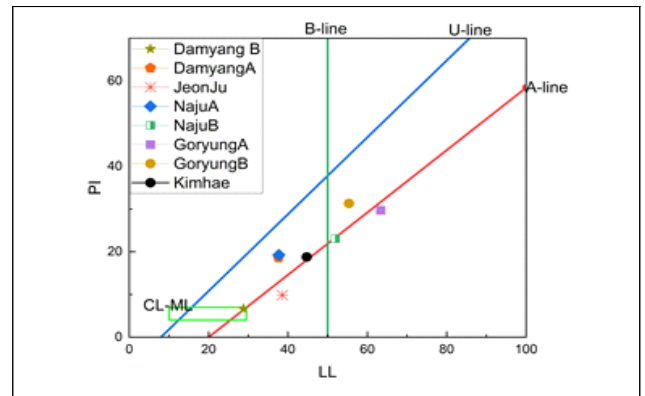
[표 2] 일축압축그래프(배합비-함수비)



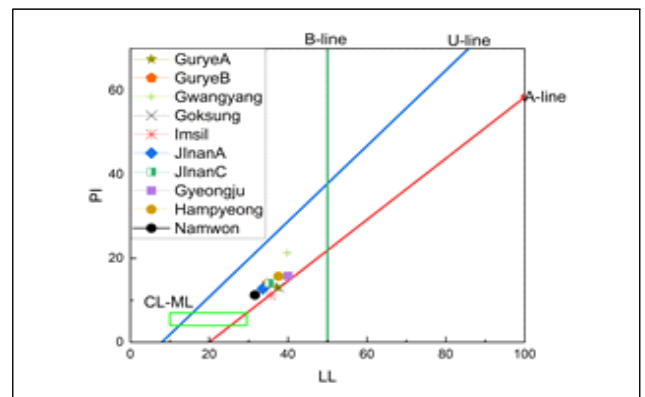
[그림 3] 세립토의 분류(Casagrande)



[그림 4] 조립토의 분류(Casagrande)



[그림 5] 세립토의 분류(Fall cone)



[그림 6] 조립토의 분류(Fall cone)

각 현장의 시료 상황에 의하여 모든 시료를 수행하지 못하였지만 이를 Fall cone 시험을 통하여 통일 분류법을 분류한 결과, 처음 Casagrande 방법에 비하여 조금 더 명확하게 분류가 되는 것을 볼 수 있다.

Fall cone 시험을 통해 분류한 토질별 최적배합비 기준을 [표 3]과 같이 제시할 수 있었다.

[표 3] Fall cone을 이용한 토양개량제의 최적배합비

	세립토	조립토
6%	ML	-
9%	CL	SM, SC
12%	MH, CH	-

이 기준을 이용한다면, 현장 적용 시에 품질관리에 적합할 것으로 예상되며, 현재 국내에서는 표준화 되어 있지 않고 국가마다 규정이 달라 보조수단으로 사용하고 있는 Fall cone 시험을 이용한다면 정확한 설계를 수행할 수 있을 것이다.

하지만 적은 시험 군으로 얻은 결과 이므로 이를 활용하기에는 더 많은 현장의 실험을 통하여 신뢰성검증을 통한 보완이 필요하다.

4. 결론

본 연구에서는 집중호우로 인하여 붕괴된 실제 현장의 시료를 사용하여 물리적, 역학적 실험을 진행하였고, 동적 액성한계 시험과 정적 액성한계 시험의 비교를 통하여 사면 보호를 위한 표층 개량공법의 현장 적용성에 대한 검토를 진행하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 정적 액성한계 시험인 Fall cone 시험을 통한 흙의 분류를 통해 토질별 최적의 배합비를 제안하였다. 본 실험에서 사용한 AAS계 토양개량제의 최적배합비는 SC, SM과 같은 사질토의 경우 9%, ML은 6%, CL은 9%, MH, CH는 12%인 것으로 정리 되었다.

2. 실험에 사용된 시료군은 18개의 현장이고, 세립토는 9개의 현장을 이용하여 최적배합비를 산정하였다. 따라서 사용한 시료와 현장의 수가 많지 않아 완전히 신뢰할 수 없을 것이다. 그러므로 더 많은 현장의 실험을 통하여 신뢰성검증을 통한 보완이 필요하다.

3. 최적배합비 산정할 때 동적인 액성한계 시험방법인 Casagrande법이 세립토에서 오차가 발생하는 것으로 확인되었다. 이때 정적인 액성한계 시험방법인 Fall cone 시험을 통하여 보다 정확하게 분류가 되어 배합비를 제시할 수 있었다.

참고문헌

- [1] "LCD 모Y. S. Chung, M. B. Yoon, H. S. Kim, "On Climate Variations and Changes Observed in South Korea". Climatic Change, 66 (1 - 2): 151 - 161, Jan. 2004.
- [2] Y. W. Jason, H. Kaiming, S. Munira, "Remediation of Slope Failure by Compacted Soil-Cement Fill", Ameriacn Society of Civil Engineers, Vol.31, No.4, 2017.
- [3] "동적 및 정적 액성한계시험방법에 의한 액성한계치의 비교 연구" Kim sun-kyun Feb. 2003.