

불포화토의 흙-수분 특성곡선

Soil-Water Characteristic Curves for an Unsaturated Soil

송 창 섭 · 임 성 윤 · 김 명 환* (충북대)

Song Chang Seob · Lim Seong Yoon · Kim Myeong Hwan*

Abstract

The purpose of this paper was to investigate the soil-water characteristic curves for unsaturated soil. To this ends, a series of suction measured test was conducted on the selected 4 kinds of soil which is located in Korea, used the modified pressure plate apparatus.

From the test results, the water contents, degree of saturation and volumetric water contents was analyzed with the suction. And was drawn the soil-water characteristic curves was drain from the test results for various factors

I. 서 론

자연상태의 지반은 토립자와 간극으로 구성되어 있으며, 지하수위의 위치에 따라 포화영역과 불포화영역으로 나누어진다. 불포화영역 지반의 간극 속에는 물과 공기가 존재하는데, 간극을 차지하는 물과 공기의 압력차이에 의하여 모세관 현상과 흡착현상이 발생하며, 이러한 현상으로 불포화영역에는 부(-)의 간극수압을 유발하게 된다. 이 때의 부간극수압은 물을 흡수하려는 능력으로 지반의 유효용력을 증가시키는 역할을 한다. 따라서 포화토에 적용하는 이론을 불포화토 영역에 적용하는 것은 여러 측면에서 불합리하다.

본 연구에서는 불포화토 연구의 선결과제인 흙-수분 특성곡선을 연구하기 위하여 우리나라의 전역에 분포하는 각종 흙을 채취한 후, 물리적 · 역학적 특성을 분석하여 흙의 분류가 뚜렷이 구분되는 4개의 시료를 선정하였다. 선정된 시료는 다짐상태를 인위적으로 달리하여 공시체를 제작하여 연속적으로 측정하였다. 이 결과를 바탕으로 흡인력과 함수비, 흡인력과 포화도 및 흡인력과 체적 함수비와의 관계를 분석하였으며, 또한 각 시료가 나타내는 흙-수분 특성곡선을 도출하였다.

II. 재료 및 방법

시료는 우리 나라 전역에 골고루 분포되어 있는 화강토와 점성토, 사질토 등을 선택하였다. 공시체는 시료의 함수상태와 다짐상태를 고려하여 제작하였다. 특히, 흙의 다짐상태에 따라 간극비가 달라지며, 흙 속에 동일한 수분량을 포함하더라도 간극비가 다르면 흡수력이 다른 경향을 나타내게 된다. 따라서, 간극비가 흡인력에 미치는 영향을 검토하기 위하여 인위적으로 간극을 조절하여 공시체를 제작하였다. Table 1은 사용된 시료의 물리적 · 역학적 특성을 요약한 것이다.

본 연구에서는 Pressure Plate Apparatus를 Fig. 1과 같이 개조하였다. 시험은 공시체를 제작한 후, 셀의 상부에 있는 세라믹 디스크와 잘 접촉되도록 세심한 주의를 기울여 설치한다.

이 때 하부의 측정 셀은 사전에 내부에 공기가 없도록 물로 충진시킨다. 셀과 공시체의 접촉을 확인한 후, 투브를 통하여 하부로부터 물을 공급하면서 포화시킨다. 정해진 흡인력이 되도록 상부에서 공기압을 조절하면서 뷰렛의 눈금변화를 측정한다. 본 시험에서는 사용된 간극 공기압의 범위는 0.1kPa ~ 1000kPa이며, 14단계로 공기압을 달리하여 시험하였다.

Table 1. The physical and mechanical properties of samples.

sample type	Specific Gravity	Atterberg Limits		Compaction test			Gra. size distribution				USCS
		LL(%)	PI(%)	γ_{dmax}	OMC	No.4	No.10	No.40	No.200	0.005	
A	2.679	52.0	16.9	1.56	23.0	100	100	99.9	96.0	42.8	MH
B	2.621	35.0	12.0	1.77	16.8	98.8	94.3	76.8	53.4	28.6	CL
C	2.632	47.4	1.5	1.55	23.9	99.9	95.5	78.4	52.0	20.4	ML
D	2.626	NP	NP	1.50	20.0	100	99.9	99.5	17.2	1.3	SM

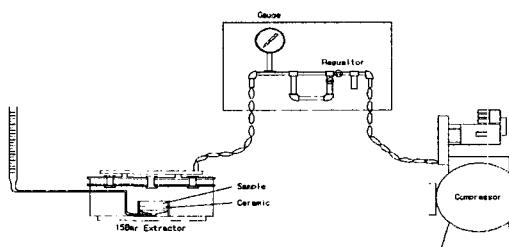


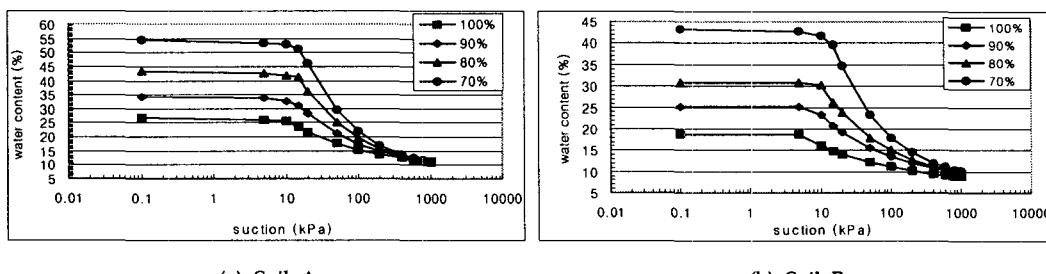
Fig. 1 Pressure Plate Apparatus

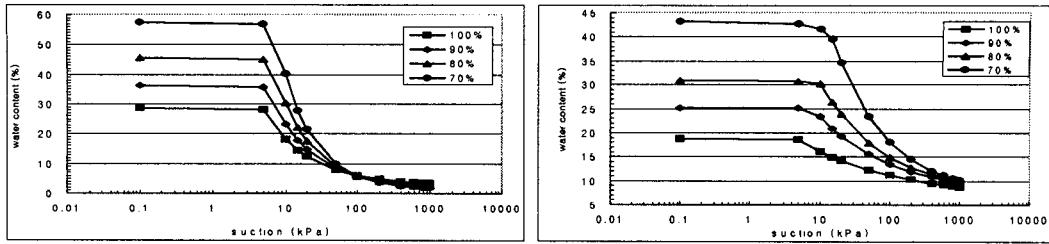
III. 결과 및 고찰

선정된 4종류의 시료에 대하여, 다짐상태를 4단계로 구분하여 만든 공시체를 개조된 Pressure Plate Apparatus를 사용하여 약 14단계의 공기압을 달리하여 측정된 수분의 이동량을 바탕으로 각 시료의 합수비, 포화도 및 체적 합수비를 분석하여 흙-수분 특성곡선을 도출하고 이들의 특성을 고찰하였다.

1. 흡인력에 따른 합수비의 변화

각 시료의 흡인력에 따른 합수비를 도시하면 Fig. 2와 같다. 그림에서 볼 수 있듯이 개략적인 형태는 비슷하지만, 같은 시료일지라도 다짐상태에 따라 즉, 흙의 간극비에 따라 동일한 흡인력의 시료에서는 합수비가 약 20% 이내이지만, 느슨한 시료인 경우에는 약 45% 이상 차이를 보이고 있는데, 이러한 경향은 사질성 흙에서 더 크게 나타나는 것을 볼 수 있다.





(c) Soil C

(d) Soil D

Fig. 2 Variation of water contents and suction with various compaction ratio

2. 흡인력에 따른 포화도의 변화

흙이 가지는 흡인력은 흙 속에 함유된 수분뿐만 아니라 흙의 간극에도 관계가 있으므로 이러한 영향을 고려하기 위하여 흙의 수분상태를 부피와 관련시켜 포화도의 개념으로 나타내면 Fig. 3과 같다. 그림에서 초기부분보다 건조측에서의 구분이 명확해지는 것을 알 수 있다. 특히, 점성분을 많이 함유하고 있는 흙의 그림이 더욱 명확하게 달라지는 것을 볼 수 있다. 또한 다짐이 양호한 시료는 느슨한 시료에 비하여 건조측에서 함수비는 비슷하지만 훨씬 높은 포화도를 나타내고 있다.

포화도 개념은 포화상태인 초기부분에서의 변별력이 거의 없게 되는 단점을 가지고 있다.

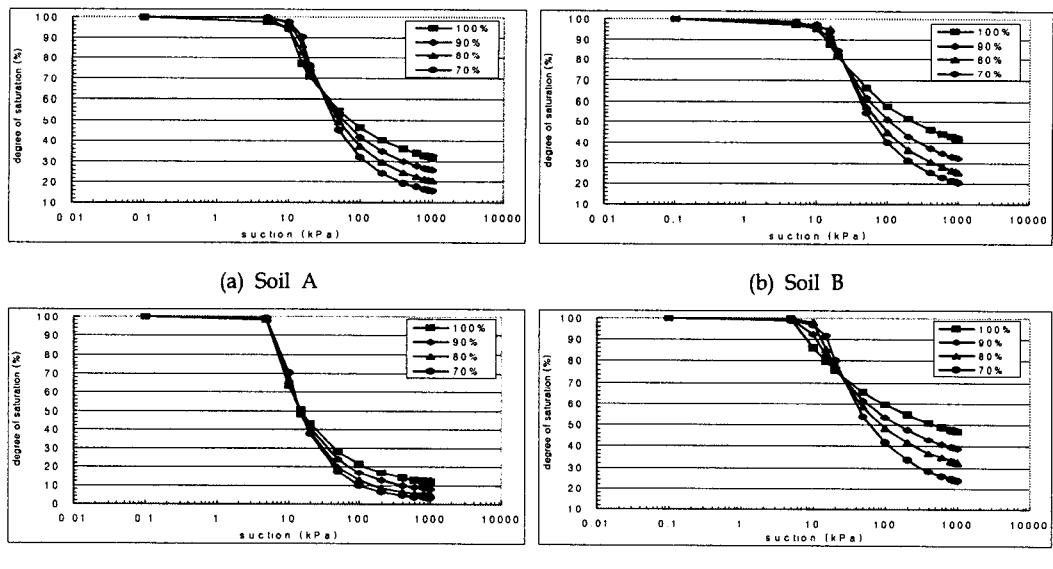


Fig. 3 variation of degree of saturation and suction with various compaction ratio

3. 흡인력에 따른 체적 함수비의 변화

흙속에 함유되는 수분상태를 정확하게 나타내기 위해서는 흙의 수분상태를 무게와 부피의 개념으로 동시에 고려한 체적함수비 개념을 도입하는 것이 필요하다. 이러한 측면에서 흡인력에 따른 체적함수비를 도시하면 Fig. 4와 같다.

그림에서 볼 수 있듯이, 흡인력에 따라 체적함수비를 도시하면 초기의 포화상태에서부터

고건조축까지의 변화과정이 명확하게 나타나게 된다. 따라서, 앞으로는 흙-수분 특성곡선을 흡인력과 체적하수비의 관계로 도시하면 전 과정에서 일어나는 변화를 쉽게 파악할 수 있을 것이다.

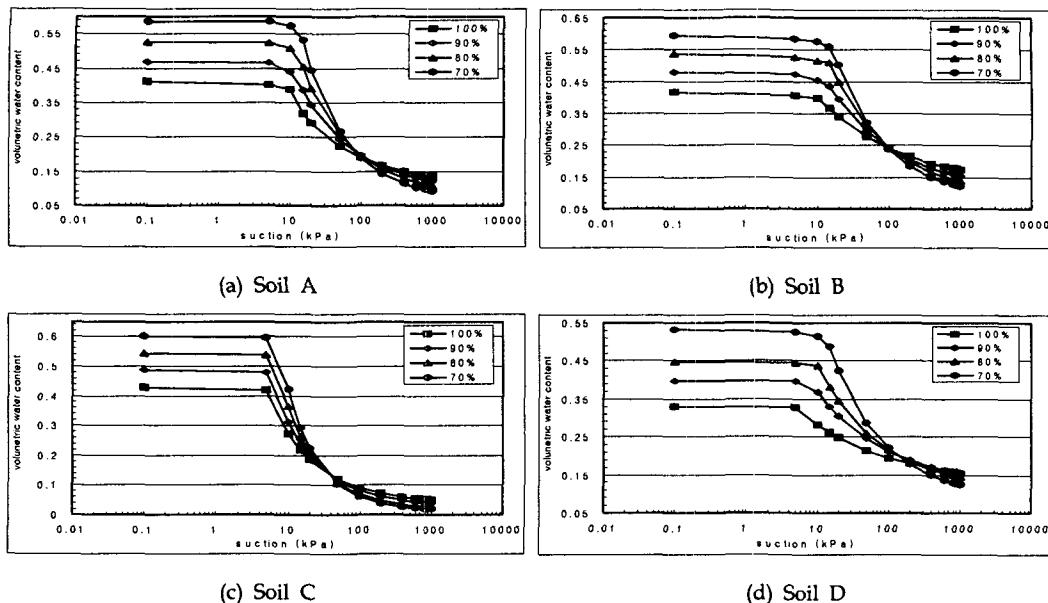


Fig. 4 Variation of volumetric water content and suction with various compaction ratio.

IV. 결론

우리나라에 전역에 분포하는 4종류의 시료에 대하여 다짐상태를 달리하여 간극상태를 4단계로 구분하여 공시체를 만들고, 이를 개조된 Pressure Plate Apparatus에 적용하여 약 14단계의 공기압을 넣으면서 수분의 이동량을 측정하였다. 측정된 결과를 바탕으로 각 시료의 함수비, 포화도 및 체적 함수비를 분석하여 흙-수분 특성곡선을 도출하고 이들의 특성을 요약하면 다음과 같다.

- 흡인력과 함수비의 특성곡선에서 흡인력의 변화에 따른 함수비의 특성은 습윤측에서는 명확하게 구분이 되지만 건조측에서는 뚜렷하게 구분이 되지 않았고, 다짐상태에 따라 크게 달라짐을 알 수 있다.
- 흡인력에 따른 포화도 특성은 초기 부분에는 구분이 거의 되지 않는 반면 건조측에서는 명확하게 구분되므로 비교 후 건조된 시료의 흙-수분 특성곡선을 파악하는데 적용할 수 있다.
- 흡인력에 따른 특성곡선을 체적함수비로 나타내면 초기 포화부분뿐만 아니라 고건조측에서도 구분이 명확하게 나타났다. 또한 흡인력의 변화에 따른 체적함수비의 변화는 조밀한 흙보다 느슨한 흙이 훨씬 큰 범위를 가지게 된다.

참 고 문 헌

1. Song, C. S. 1994. Development of constitutive model for the prediction of behaviour of an unsaturated soil. Ph.D Thesis. Seoul National University.(in Korean)
2. Fredlund D.G. and A. Xing. 1994. Eqution for the soil-water charactreistic curve. Can. Geotec. J. 31 : 521-531.