

시간효과를 고려한 절개사면 화강토의 전단특성 연구

The Characteristics of Shear for Decomposed Granite Soils on
Cutting Slope Related to Time Effects

정 상 국*

Jung, Sang-Kug

Abstract

The purpose of this study was to estimate that the relations of weathering speed and shear strength of granite soil by tracing the weathering depth of granite soil from the very moment of its cutting. The results obtained this follows :

- 1) The relationships among N_c , Li and CEC, $Li > 6\%$, $CEC > 14$ corresponds to $N_c = 2 \sim 30$, and $4\% < Li < 6\%$, and $3 < CEC < 14$ (meq/100g) is equivalent to $N_c = 30 \sim 50$.
- 2) On comparing the values of penetration depth acquired from two small dynamic penetration tests taken at -10 meters (performed separately on April 15 and October 31) and the degree of weathering on a 10-centimeter difference was measured. However, dividing it by 190 days, a daily weathering progress value of about 0.052 mm was calculated. Also as N_c increase the shear parameters(c , ϕ) increases at a standard pressure.
- 3) And $N_c = 0 \sim 50$ corresponds to $27 \sim 30^\circ$ of internal friction angle and to 12~49kPa of cohesion. That is to say, internal friction angle(ϕ) corresponds better than cohesion(c).

In conclusion, this study suggests that in simplified dynamic cone penetration test a penetration boundary line of 5 centimeters is decided at around $Li = 4\%$, $CEC = 3$ (meq/100g) which is classified as a completely weathering soil. It also appears that CEC increases as Li increases while N_c decreases.

keywords : Wethering Speed, Cation Exchange Capacity(CEC), Ignition of Loss(Li), simplified dynamic cone penetration test.

* 정희위, 송원대학 철도시설토목과 전담강사, 공학박사

• 본 논문에 대한 토의물 2001년 3월 31일까지 학회로 보내 주시면 2001년 6월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서 론

화강토는 세계 여러 지역에 분포되어 있으며 우리나라 건설현장에서도 쉽게 접할 수 있다. 화강토는 성토재료나 기초지반으로 이용되기도 하는데 특히 절개지반에 이용될 경우 우기시 절개사면의 붕괴가 자주 발생한다. 이와 같은 경우에 의한 화강토 절개사면의 붕괴 원인은 간극수압의 상승, 지반토의 단위중량증가, 풍화작용 등이 복합적으로 작용하지만 특히 풍화가 사면붕괴의 중요한 원인 중의 하나이다. 또한 화강토 시면이 절취에 의해서 장시간 공기에 노출되거나 물과 접촉하면 전단강도가 저하되고 시간이 지날수록 풍화가 진전되어 사면에 얇은 파괴가 발생한다. 그러므로 화강토 지반의 장기안정을 증가시키기 위해서는 풍화진행 또는 방지대책을 설계나 시공에 고려해야 한다. 따라서 본 연구는 주로 화강토지반 절개 사면에서 일정한 시간 간격을 두고 불교란 시료를 채취하여 풍화도에 따른 전단성수의 변화를 측정하고 아울러 간이 동적 콘관입시험기에 의해서 사면의 표층부에 관입시험을 실시하여 5cm 관입되는데 필요한 타격횟수(Nc)의 측정을 통해서 절개사면에서 화강풍화도가 풍화되어 가는 깊이를 추정하여 풍화속도와와의 관계를 규명하고자 한다.

2. 시험의 종류 및 방법

2.1 시험종류

본 연구는 광주 풍암시구에 위치한 화강토 절개사면을 대표지반으로 선정하여 교란 및 불교란시료를 채취하였으며 교란시료는 물침시험, 강열감량시험(Ignition of Loss, 이후 Li라 칭함), 양이온교환용량시험(Cation Exchange Capacity, 이후 CEC라 칭함)을, 불교란 시료에 대해서는 직접전단시험(ELE Bishop형)을 실시하였고, 화강토 절개사면의 시간에 따른 풍화진행 여부를 가략적으로 판단할 목적에서 간이 동적 콘관입 시험기를 제작하여 현장시험도 병행하였다.

2.2 시료의 채취 및 성형

불교란 화강토의 시료채취 방법은 계획된 지반에 못을 박아 채취하는 방법과 Block방법을 병행하여 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 즉시 랩으로 감아 함수비의 변화를 방지한 후 실내로 반입하여 분할 사용하였다. 또한 시료의 성형은 직경이 6.3cm이고 높이가 2cm인 소형 커터를 이용하여 시료상부에서 정적으로 압입한 후 커터 주변을 조심스럽게 잘라내어 시험용 시료를 준비하였다.

2.3 시험방법

현장에서 실시하는 간이 동적 콘관입시험은 주로 절·성토사면의 표층부에 적용되는 시험으로 일본(JGS 1433-93)규정에 따라 제작하였으며 시험방법은 Rod에 콘을 부착하고 7kg의 해머를 낙하고 50cm 높이에서 자유낙하시켜 콘이 5cm 관입될 때의 타격횟수를 측정하는 것으로 이 측정값을 Nc라 한다. 타격횟수가 50회를 초과할 경우 관입을 중지한다. 그리고 콘의 선단각은 30°, 45°, 60° 를 사용하였으며, 저면적은 4.9cm²를 갖는다. 이와 같은 반복시험에서 얻은 타격횟수(Nc)와 여러 가지 공학적 성질과의 상관성을 연구하였다.

실내시험인 직접전단시험은 상하로 분리된 원형전단상자(D=6.3mm, H=2mm)속에 시료를 넣고 수직하중을 가한 상태로 수평력을 가해 전단상자가 상하로 분리된 면을 따라 강제로 전단시키는 방법으로 전단속도는 0.5mm/분으로 하였으며, 수직하중은 최저 6.5kPa부터 7단계(저압부 : 6.5, 13, 19.5kPa, 보통압부 : 32.5, 65, 97.5, 130kPa)로 재하를 실시하였다. 또한, Li는 건조토를 상온에서 1000°C 까지 온도를 올려서 감량되는 양을 측정하여 건조토에 대한 백분율로 나타낸 것이다.

즉, Li는 화강토뿐만 아니라 토립자의 2차 광물을 함유하고 있는 경우에는 그 함유량을 연소시켜 감량되는 양으로서 풍화의 판정에 이용되는 지표이다. 한편, CEC는 점토입자가 흡착할 수 있는 교환성이온의 최대량으로서 통상 노건조토 및 점토 100g 당의 밀리그램당량 meq(milli equilibrium 약어)으로 표현하거나 또는 1kg 당의 cmol⁺로 나타낸다.

본 연구에 사용된 간이 동적 콘관입 시험기의 개요 및 현장시험이 실시된 절개사면의 단면도 및 전경은 각각 Fig. 1과 Fig. 2에 나타났다.

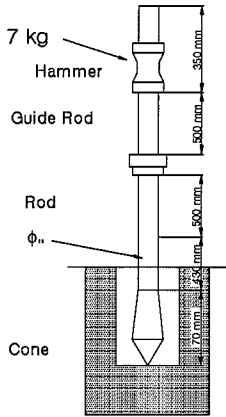
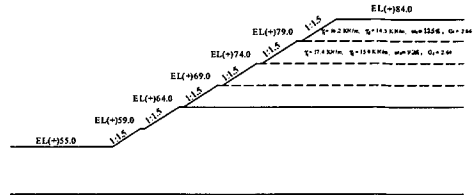


Fig. 1 간이 동적 콘관입 시험기 개요

3. 시험결과분석 및 고찰

3.1 간이 동적 콘관입 시험

광주 풍암지구 화강토지반 절개사면에서 시간간격을 두고 간이 동적 콘관입시험을 실시하여 관입깊이의 변화정도를 측정하고 전단정수(c , ϕ) 및 풍화특징결과 (I_i , CEC)와의 상관성을 얻기 위해서 현장 간이 동적 콘관입시험을 실시하였다. Fig. 2에 나타낸 화강토 지반 절개사면의 1단(-5m)과 2단(-10m)에서 시험을 실시하였다. 1단(-5m)은 풍화가 상당히 진전된 상태로 $Li=7.0\%$, $CEC=16(\text{meq}/100\text{g})$ 정도에 해당되



(a) 화강토 지반 절개사면 단면도



(b) 화강토지반 절개사면 전경

Fig. 2 광주풍암지구 화강토지반 절개사면 단면도 및 전경

는 강풍화토이므로 시간경과에 따른 풍화의 진행정도를 측정하기 보다는 N_c 와 풍화측정결과(Li , CEC)와의 상관성을 찾는데 초점을 맞추었다. 1단(-5m)에서는 총 3차에 걸쳐 현장시험을 실시하였는데 앞에서 언급한 것과는 같이 풍화가 상당히 진전되어 있어서 $N_c=50$ 에 근접한 값은 얻을 수 없었다. 그러나 대체적으로 심도가 깊어질수록 N_c 가 증가하는 것으로 나타났고 콘의 각도 60° , 45° , 30° 순으로 동일깊이에서 N_c 가 감소하였으며 1단(-5m)에서는 풍화가 상당히 진

Table 1 화강토 지반의 물성 및 화학시험결과(4월15일, -5m)

지역	심도 (m)	세부심도 (cm)	G_s	W_n (%)	Li (%)	CEC (meq/100g)	S_w (cm ² /cm ³)	#200 (%)	U.S.C.S
광주풍암	5	0	2.65	12.26	6.7	16.44	127.7	29.55	SM
		50	2.65	15.06	6.2	15.90	240	34.84	
		100	2.64	13.04	5.7	15.74	142.9	27.36	
		120	2.66	14.55	5.8	14.03	139.5	25.92	
		150	2.66	15.15	6.1	15.9	150.4	30.15	
		170	2.66	14.41	6.5	15.62	155.4	28.4	

Table 2 회강토 지반의 물성 및 화학시험결과(10월31일, -5m)

지역	심도 (m)	세부심도 (cm)	Gs	Wn (%)	Li (%)	CEC (meq/100g)	Sw (cm ² /cm ³)	#200 (%)	U.S.C.S
광주중앙	5	0	2.66	21.40	7.4	18.10	127.7	32.8	SM
		50	2.66	20.80	7.0	16.20	133	28.5	
		70	2.66	22.40	7.1	17.50	150	30.4	
		100	2.64	20.50	7.3	18.50	171.4	31.8	
		140	2.66	19.50	7.2	16.80	160.5	29.5	
		175	2.65	18.80	6.9	15.20	157.4	27.9	

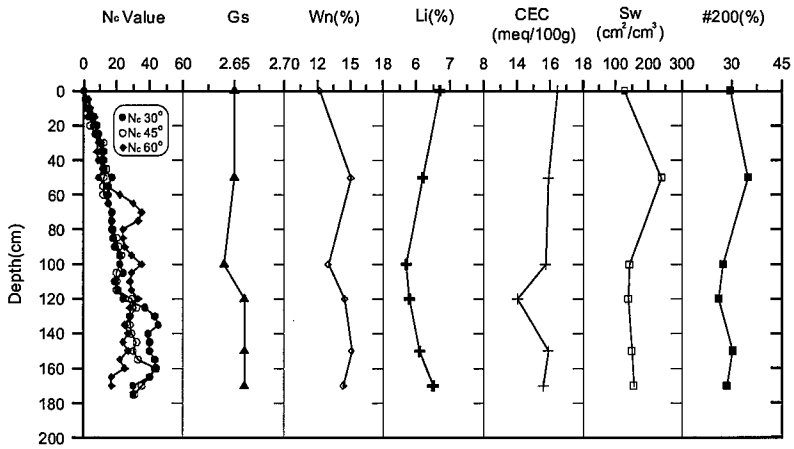


Fig. 3 심도에 따른 물성 및 화학적 성질(4월15일, -5m)

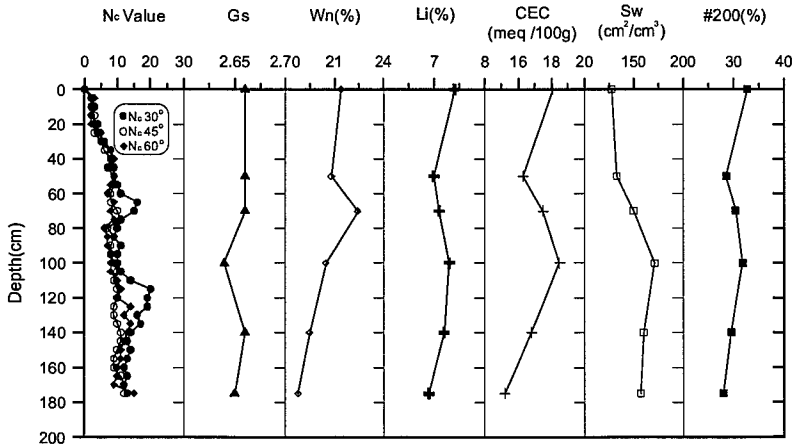


Fig. 4 심도에 따른 물성 및 화학적 성질(10월31일, -5m)

전되어 시간이 경과함에 따라 관입깊이의 변화를 확인할 수 없었다. 이에 대한 시험결과를 Fig. 3~4와 Table 1~2에 나타냈다.

그러나 2단(-10m)은 1단(-5m)보다 상대적으로 풍화가 덜 진행된 상태로 $Li \approx 4\%$, $CEC \approx 10(\text{meq}/100\text{g})$ 로 나타났다. 2단(-10m)에서는 4월15일에 1차 현장 시험을 실시하였는데 그에 대한 시험결과를 Fig. 1와 Table 3에 나타냈다. 심도가 깊어질수록 N_c 가 증가하는 것으로 나타났으며 심도-40cm 부근에서 $N_c=50$ 의 값을 얻을 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 2단(-10m)을 시간경과에 따른 풍화의 진행정도를 파악하는 대상으로 삼았다. 대략 6.5개월(190일)이 경과한 후에 2단(-10m)에서 실시한 2차 현장시험에 대한 결과를 Fig. 6과 Table 4에 나타냈다. Fig. 6에서 알 수 있는 것과 같이 전체적으로 1차 현장시험 결과 값과 비교할 때 관입깊이가 10~15cm 정도 증가하는

것으로 나타났는데 이를 통해서 $N_c \approx 50$ 부근에서 상대적으로 풍화가 활발하게 진행되는 것으로 판단된다.

1차시험(4월15일)과 2차시험(10월31일)에서 나타난 각각의 결과 값에 대해서 최소관입깊이를 놓고 비교해 볼 때 관입깊이에 있어서 10cm 차이가 발생하였다. 따라서 이 값을 시험을 실시한 시간간격인 190일로 나누면 하루(day)에 대략 0.052mm씩 풍화가 진행되는 것으로 판단해 볼 수 있다. 한편, 단순하게 상거적인 시험 즉, 시간경과에 따른 콘의 관입깊이의 변화와 전단정수(c , ϕ)와의 상관성을 찾는다면 풍화도를 고려한 화강토 절개사면의 합리적인 사면설계가 가능한 것으로 판단된다. 또한 콘의 가도에 따른 타격횟수가 달라지는데 이는 콘가도에 따른 관입되는 지반에서의 마찰저항력의 차이, 관입시험을 실시한 지반의 비균질성, 시험자에 따른 오차, Rod의 주변마찰력 때문으로 판단된다.

Table 3 화강토 지반의 물성 및 화학시험결과(4월22일, -10m)

지역	심도 (m)	세부심도 (cm)	Gs	Wn (%)	Li (%)	CEC (meq/100g)	Sw (cm ² /cm ³)	#200 (%)	U.S.C.S
양주풍암	10	0	2.64	10.25	5.9	15.59	46.2	22.12	SM
		10	2.64	10.06	5.7	15.74	30.8	14.69	
		20	2.64	11.3	5.3	15.9	89.6	28.86	
		30	2.65	12.33	6.1	14.03	58.3	25.17	
		40	2.66	10.71	4.5	8.56	32.4	20.87	

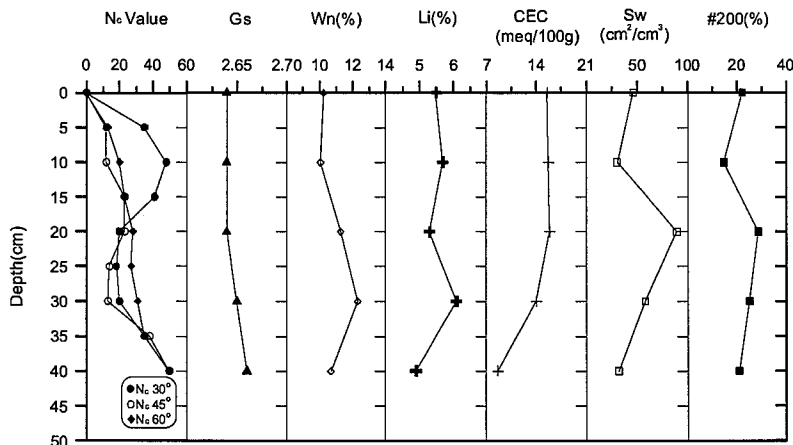


Fig. 5 심도에 따른 물성 및 화학적 성질(4월22일, -10m)

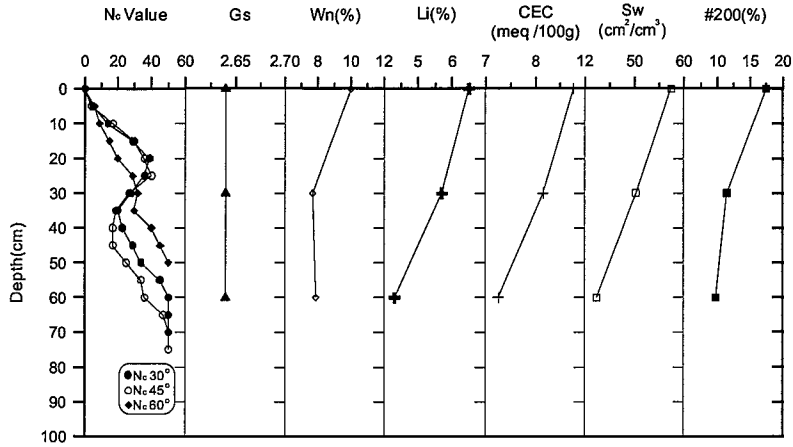


Fig. 6 심도에 따른 물성 및 화학적 성질(10월31일, -10m)

Table 4 화강토 지반의 물성 및 화학시험결과(10월31일, -10m)

지역	심도 (m)	세부심도 (cm)	Gs	Wn (%)	Li (%)	CEC (meq/100g)	Sw (cm ³ /cm ³)	#200 (%)	U.S.C.S
광주중앙	10	0	2.64	10.0	6.5	11.05	57.4	17.4	SM
		30	2.64	7.7	5.7	8.6	50.3	11.4	
		60	2.64	7.9	4.3	5	42.4	9.8	

앞에서 언급한 내용을 종합해 보면 1단(-5m)은 절개당시부터 상당히 풍화가 진행된 상태이므로 심도가 깊어짐에 따라 Li, CEC의 감소는 확인할 수 없었고 상대적으로 풍화가 덜 진행된 2단(-10m)은 심도가 깊어질수록 Nc가 증가함에 따라 약간의 Li, CEC, Sw(비표면적)가 감소하는 경향으로 보아 일단 풍화의 진행정도를 판단할 수 있었다.

3.2 직접전단시험

본 연구에서 직접전단시험을 통한 전단정수의 결정은 전단강도-전단변위 곡선에서 Peak 강도를 택하여 파괴포락선으로부터 전단정수를 결정하였다. 여기서 시간간격을 두고 화강토지반 절개사면에서 채취한 시료를 사용하여 간이 동적 콘관입시험에서 얻은 Nc와의 비교를 통해서 전단정수를 결정하고 이들의 변화를 비교분석하였다. 절개사면의 상부에서 -5m 지점의 소

단과 -10m 지점의 소단에서 불교란 시료를 채취하여 시험을 실시하였다.

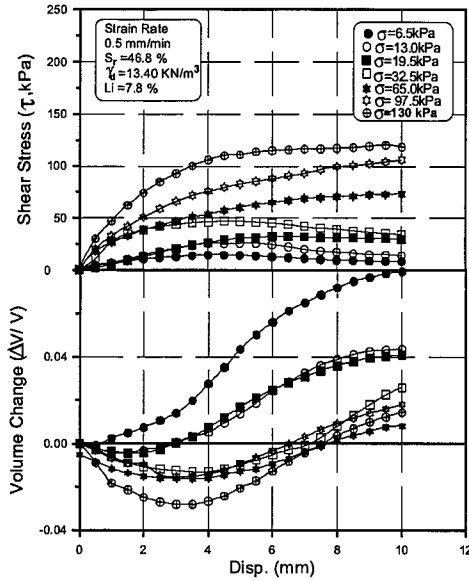
Fig. 7~10에서 그림 (a)는 수직응력을 7단계로 나누어 시험한 전단강도-전단변형-체적변화를 나타내는 그림이고, (b)는 전단응력과 수직응력의 판세를 나타낸 그림이다.

전체적으로 풍화가 덜 진행된 2단(-10m)과 1단(-5m)을 비교해볼 때 2단(-10m)의 전단강도가 상대적으로 γ_d 가 작은 1단(-5m)에 비해 명확한 Peak 전단강도가 나타나는 경화-연화현상을 보이는데 이는 입자간 Interlocking과 전단중에 발생하는 Dilatancy의 영향으로 판단된다.

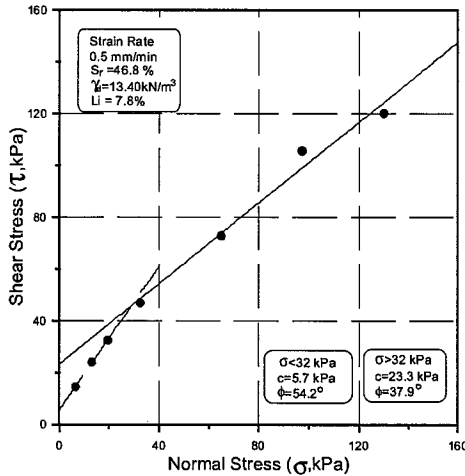
그리고 저압부와 보통압부에서의 전단강도-전단변위 관계를 살펴보면, 저압부에서는 통상적으로 2~4mm 내외에서 Peak 강도가 발생하였고, 보통압부에서는 통상적으로 4~5mm 내외에서 Peak 강도가 발생하였다.

통상의 4단계(보통압부)를 재하 하여 직선으로 전단정수를 추정하는 경우에 비해 파괴포락선이 직선이 아닌 곡선의 형태로 나타났다. 전단변위에 따른 체적 변형률은 상대적으로 팽화가 많이 진행된 1단(-5m)과 상대적으로 팽화가 덜 진행된 2단(-10m)의 지압부에서는 부(-)의

Dilatancy에서 정(+)의 Dilatancy로의 변화가 활발히 진행되지만 보통압부에서는 부(-)의 Dilatancy에서 정(+)Dilatancy로 이동하는 과정이 1단(-5m)은 상대적으로 팽화가 덜 진행된 2단(-10m)과 비교할 때 부(-)의 Dilatancy의 폭이 상대적으로 크고 긴 것을 알 수 있다.

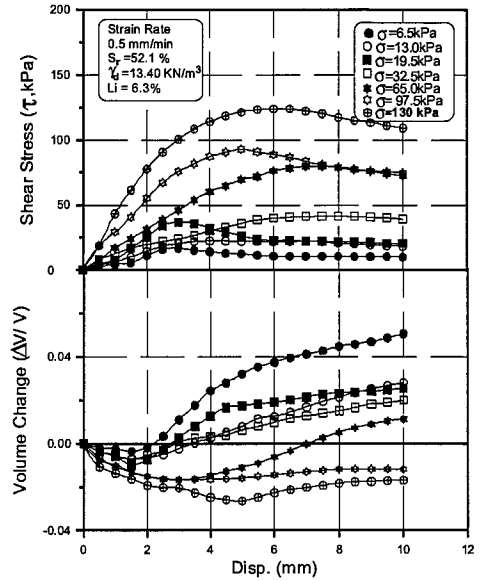


(a) 불교란화강토의 $\tau - \varepsilon_v - Disp.$ 의 관계

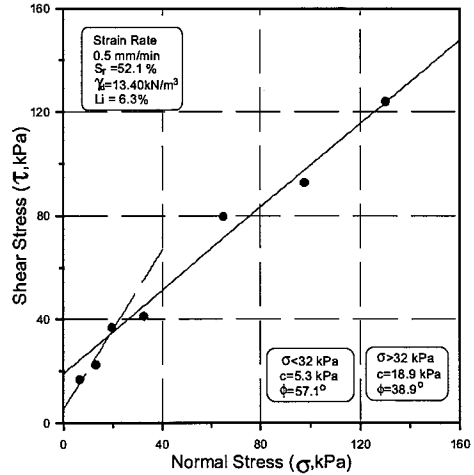


(b) 불교란화강토의 $\tau - \sigma$ 의 관계

Fig. 7 직접전단시험의 결과(심도-5m(1단)-20cm, 4월 15일)



(a) 불교란화강토의 $\tau - \varepsilon_v - Disp.$ 의 관계

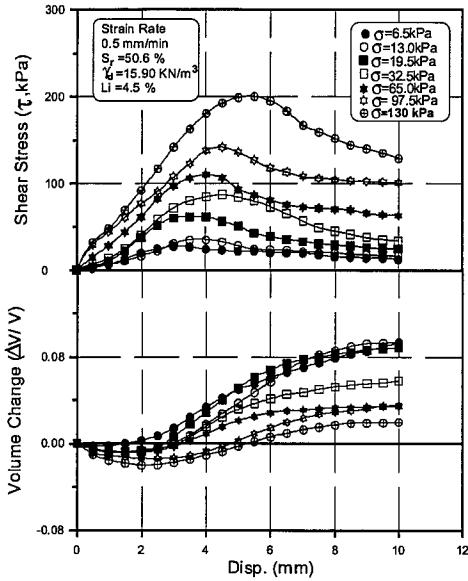


(b) 불교란화강토의 $\tau - \sigma$ 의 관계

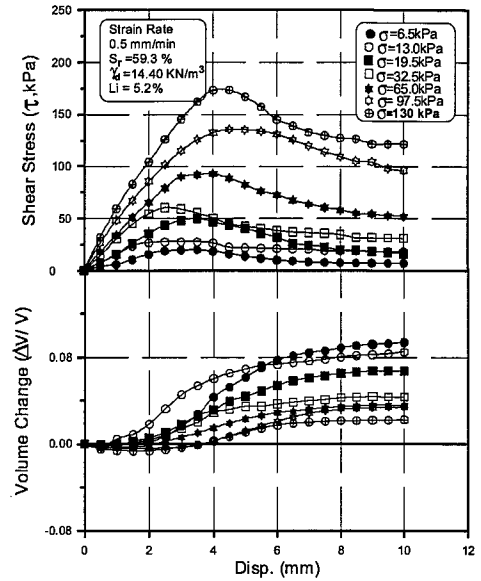
Fig. 8 직접전단시험의 결과(심도-5m(1단)-130cm, 10월 31일)

이러한 현상은 화강토 불교란 시료의 초기 간극비에 의존하는 것으로 판단해 볼 수 있다. 불교란 화강토의 점착력(c), 내부마찰각(ϕ)과 초기간극비(e_0)와의 관계를 정리하여 Fig. 11에 나타냈다.

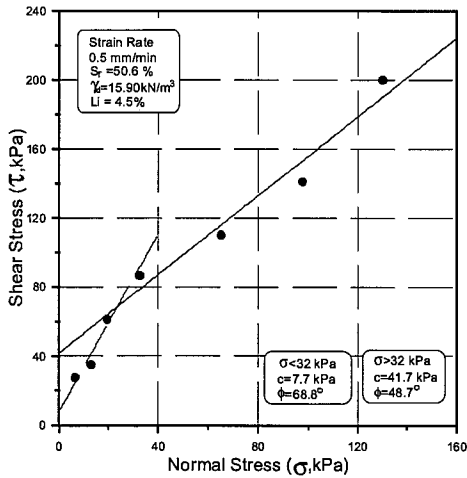
그림에서 알 수 있듯이 초기간극비(e_0)와 내부마찰각(ϕ)관계에서는 간극비가 감소함에 따라 ϕ 가 감소한 경향을 확인할 수 있지만 c 는 다소 분산된다.



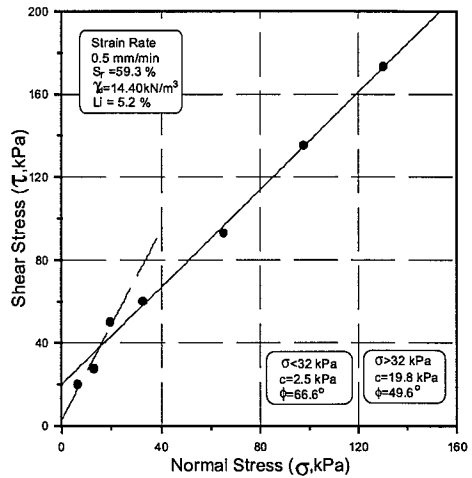
(a) 불교란화강토의 $\tau - \epsilon_v - Disp.$ 의 관계



(a) 불교란화강토의 $\tau - \epsilon_v - Disp.$ 의 관계



(b) 불교란화강토의 $\tau - \sigma$ 의 관계



(b) 불교란화강토의 $\tau - \sigma$ 의 관계

Fig. 9 직접전단시험의 결과(심도-10m(2단)-30cm, 4월 15일)

Fig. 10 직접전단시험의 결과(심도-10m(2단)-30cm(1), 10월 31일)

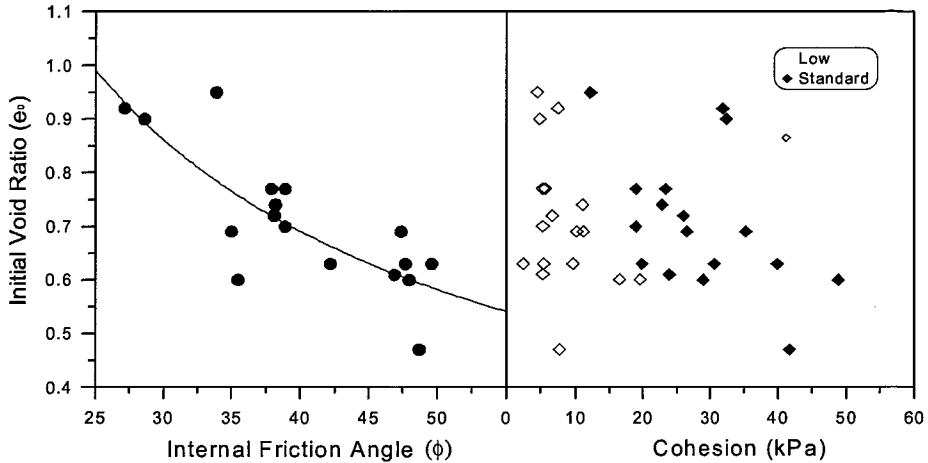


Fig. 11 전단강도에 미치는 초기간극비의 영향

전술한 Fig. 7~10중 전단응력과 수직응력 관계를 상세히 살펴보면 ($\sigma < 32\text{kPa}$) 이하와 ($\sigma > 32\text{kPa}$) 이상의 두 가지 경우에 대한 전단정수(c, ϕ)를 산정하였는데 1단(-5m)과 2단(-10m)에서 점착력(c)은 각각 보통압부에서 12.2~35.3kPa와 19.8~48.9kPa의 범위에서 내부마찰각(ϕ)은 각각 27.1~47.4°와 35.5~49.6°의 범위에서 나타났다. 이 값들에 대해 평균값을 놓고 비교해 볼 때, 점착력(c)은 각각 25.5kPa와 33.4kPa로 내부마찰각(ϕ)은 각각 33.7°와 45.5°로 나타났는데, 상대적으로 풍화가 덜 진행된 2단(-10m)이 점착력(c)은 8kPa 정도, 내부마찰각(ϕ)은 12° 정도 크게 나타난 것으로 확인되었다.

3.3 N_c 와 전단정수(c, ϕ) 및 풍화도(Li, CEC)와의 상관성

화강토지반 절개사면에서 이루어진 간이 동적 콘관입시험의 타격횟수(N_c)와 불교란화강토의 식침전단시험에서 얻은 전단정수(c, ϕ)와의 관계는 Fig. 12~14에 나타냈다. Fig. 12에서 점착력(c)은 저압부, 내부마찰각(ϕ)은 보통압부 그리고 Fig. 13에서 점착력(c)과 내부마찰각(ϕ) 모두 보통압부에서 얻은 값을 또한 Fig. 14에서 점착력(c)은 저압부와 보통압부 모두를 나

타냈고 내부마찰각(ϕ)은 보통압부에서 얻은 값을 나타냈다. 또한 타격횟수(N_c)는 콘의 각도 30°, 45°, 60° 중 외국에서 일반적으로 사용하는 각도 60°를 통해서 각각의 상관성에 대해서 비교분석하였다. 그에 대한 결과를 살펴보면 타격횟수(N_c)가 증가할수록 보통압부에서 얻은 전단정수(c, ϕ)가 증가하였는데 내부마찰각(ϕ)은 27~50°, 점착력(c)은 12~49kPa의 범위로서 결과 값을 놓고 볼 때 점착력(c)보다는 내부마찰각(ϕ)이 좋은 대응관계가 성립되는 것으로 판단된다.

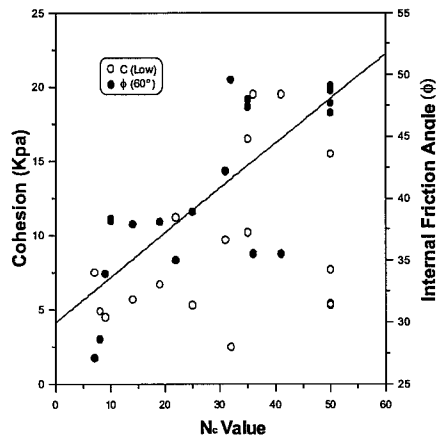


Fig. 12 N_c 의 (c , (저압)) 및 ϕ 의 관계

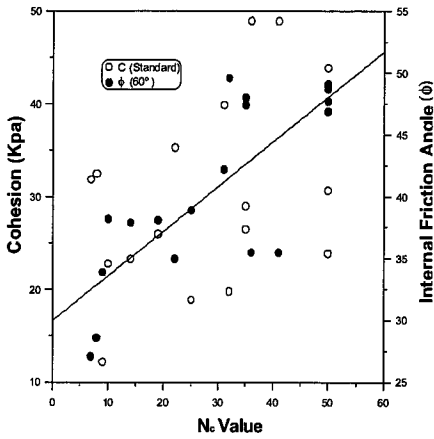


Fig. 13 N_c 와 c , (보통압) 및 ϕ 의 관계

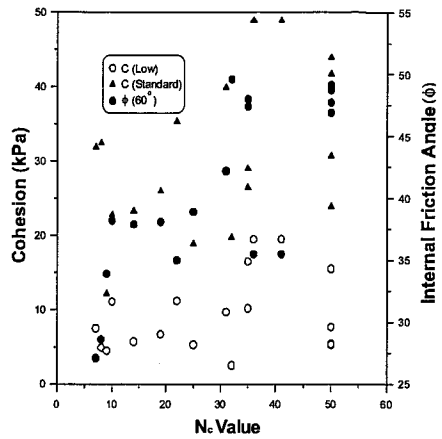


Fig. 14 N_c 와 c , (저압, 보통압) 및 ϕ 의 관계

그리고 저압부에서 얻은 점착력(c)은 원래 발견되는 값이 그렇게 크지 않으므로 타격횟수(N_c)와의 관계에 있어서 좋은 상관성을 확인할 수가 없었다.

Fig. 15는 Li와 N_c 의 관계를 나타낸 것인데, Li가 증가할수록 N_c 가 감소한다는 것을 알 수 있고 Li>6%에 대응되는 $N_c=0\sim30$, 4%<Li<6%에 대응되는 $N_c=30\sim50$ 범위에서 좋은 대응 관계를 보이는 것으로 나타났다.

Fig. 16은 CEC와 N_c 의 관계로서 CEC가 증가할수록 N_c 가 감소하는 것을 알 수 있는데, 역시 CEC>14 (meq/100g)에 대응되는 $N_c=0\sim30$, 3<CEC<14

(meq/100g)에 대응되는 $N_c=30\sim50$ 범위에서 좋은 대응 관계를 보이는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 놓고 볼 때 간이 동적 콘관입시험은 강풍화도로 분류되는 Li \approx 4%, CEC \approx 3 (meq/100g) 전후에서 5cm를 관입시키는 한계치가 아닌가 현재까지의 연구결과로부터 판단해 볼 수 있다. 또한 Li, CEC, N_c 와의 전체적인 관계를 Fig. 17에 나타냈다.

한편, Li와 CEC와는 아직 상관관계가 밝혀져 있지 않지만, 이들간의 관계를 살펴본 것이 Fig. 18이다.

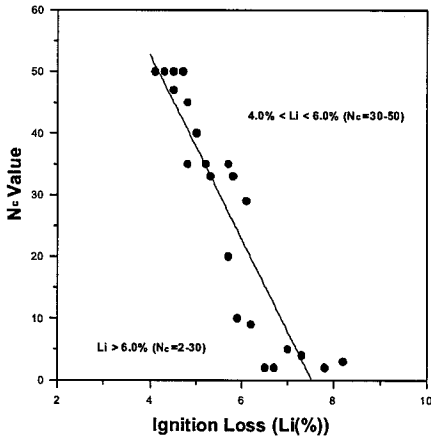


Fig. 15 Li와 N_c 의 관계

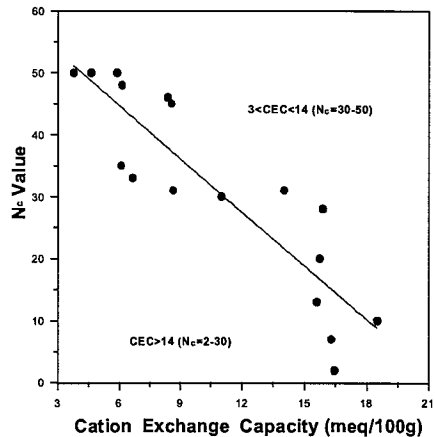


Fig. 16 CEC 와 N_c 의 관계

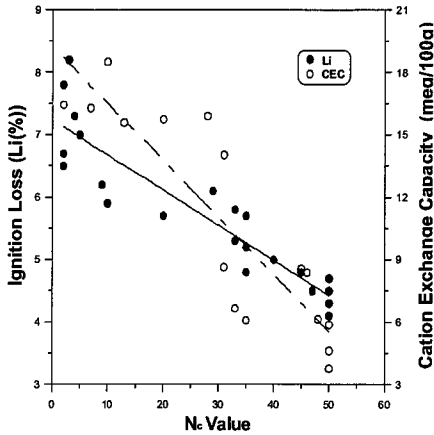


Fig. 17 Nc와 Li 및 CEC의 관계

이 그림에서 Li가 증가함에 따라 분산되는 폭이 약간은 크지만 CEC가 증가하고 있는데 이는 각각의 값이 증가함에 풍화가 진행되는 것으로 판단할 수 있으며, 기존의 연구결과인 Li와 CWI(Cheical Weathering Index, 이후 CWI라 칭함)간의 상관관계가 매우 높음을 볼 때 CWI, Li, CEC 모두 풍화의 정도를 나타내는 지표로서 적용 가능하다고 판단된다.

Fig. 19는 타격횟수(Nc)와 비표면적(Sw)과의 상관관계를 나타내고 있다. Fig. 19에서 보는 바와 같이 Nc가 감소할수록 Sw가 증가하고 있음을 나타내고 있는데, 이는 현재까지 여러 가지 연구결과를 종합해 볼

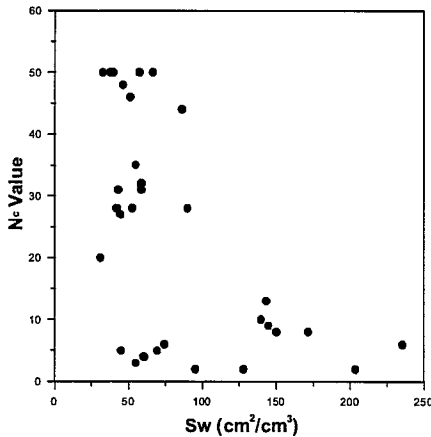


Fig. 19 Nc와 Sw의 관계

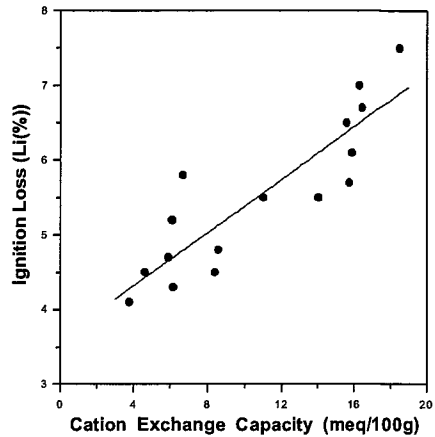


Fig. 18 Li와 CEC의 관계

때 풍화가 진행될수록 입자가 세립화되어 비표면적이 증가하는 것으로 추정해 볼 수 있다.

4. 결 론

광주 풍암지구 화강토지반 절개사면에서 실시한 간이 동적 콘관입시험과 역학시험, 물성 및 화학적 시험 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 간이 동적 콘관입저항값(Nc), Li 및 CEC의 관계에 있어서 Li<6%, CEC<14 (meq/100g)에 대응되는 Nc=2~30이고 4%<Li<6%, 3<CEC<14 (meq/100g)에 대응되는 Nc=30~50로 나타났는데, 지반의 비균질성, 시험오차, Rod의 주변 마찰력을 포함한다 해도 지금까지의 연구결과만을 놓고 볼 때 좋은 상관성이 있는 것으로 판단된다.
- (2) 2단(-10m)에서 실시한 간이 동적 콘관입시험의 1차시험(4월15일)과 2차시험(10월31일)에 대해서 각각의 시험에서 나타난 결과 값에 대해서 최소관입깊이를 놓고 비교해 볼 때 관입깊이에 있어서 10cm 차이가 발생하는데 이는 풍화의 진행 정도를 의미한다고 할 수 있다.
- (3) 상대적으로 풍화가 덜 진행된 2단(-10m)에서 Li, CEC, Sw는 심도가 깊어짐에 따라 그 값이

감소하는 경향이 있고 N_c 는 증가하는 경향이 뚜렷하다. 특히, N_c 와 c , ϕ 관계로부터 타격횟수 (N_c)가 증가할수록 $N_c=0\sim 50$ 에 대응되는 내부마찰각(ϕ)은 $27\sim 50^\circ$, 점착력(c)은 $12\sim 49\text{kPa}$ 의 범위의 값을 갖는데 그 결과 값을 놓고 볼 때 점착력(c)보다는 내부마찰각(ϕ)이 좋은 대응관계가 성립되는 것으로 판단된다.

- (4) 간이 동적 콘관입시험은 강풍화도로 분류되는 $L_i \approx 4\%$ 그리고 $CEC \approx 3(\text{meq}/100\text{g})$ 전후에서 5cm 를 관입시키는 한계치가 결정되는 것으로 판단되는데 이와 같은 사실은 풍화가 진전될수록 L_i 와 CEC 는 증가하는 반면에 N_c 는 감소하는 경향에서 추측해 볼 수 있다.

감사의 글

본 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비 지원(KRF-99-003-E00587)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 박춘식, "풍화토의 특성", 도서출판 엔지니어즈, 1996.
2. 박병기, "풍화진식토의 지반공학식 특성", 한국지반공학회 학술발표회 논문집, 1998.
3. 박병기, 이광찬, "국내 화강토지반의 풍화도 평가방법", 한국지반공학회, 제15권 제1호, 1999, pp.127~140.
4. 이광찬, "화강토의 풍화도에 따른 토질공학적 특성", 전남대학교 박사학위 논문, 1998.
5. "Guide to site investigation, Hong Kong", pp. 286~287
6. G. A. Leonards, "Foundation Engineering", 1962, pp. 342~468
7. James K. Mitchell, "Fundamentals of soil Behavior", John Wiley & Sons, Inc. 1976, pp. 24~46
8. Merlin G. Spangler - Richard L. Handy, "Soil Engineering(Fourth Edition)", 1982, pp.62~92
9. Sowers, George F., "Introductory Soil Mechanics and Foundation", Geotechnical Engineering, 1962, pp.314~317
10. Sanglerat, "The Penetration and Soil Exploration", 1972, pp.85~87

(접수일자 : 2000년 11월 20일)