

비파괴시험기법을 이용한 토량환산계수 산정 방법 제시

Estimation of Soil Volume Conversion Factors using Nondestructive Testing Methods

Thai An Son¹⁾, 류희환²⁾, Hee-Hwan Ryu, 조계춘³⁾, Gye-Chun Cho, 홍은수⁴⁾, Eun-Soo, Hong, 진규남⁵⁾, Jin-Gyu, Nam

¹⁾ KAIST 건설 및 환경공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil and Environ. Eng., KAIST

²⁾ KAIST 건설 및 환경공학과 박사과정, Graduate Student, Dept. of Civil and Environ. Eng., KAIST

³⁾ KAIST 건설 및 환경공학과 부교수, Associate Professor, Dept. of Civil and Environ. Eng., KAIST

⁴⁾ BON E&C 상무, Exec. Managing Director, Bon E&C, Co., LTD.

⁵⁾ 한국토지주택공사 수석연구원, Fellow Researcher, Korea Land & Housing Corporation

SYNOPSIS : Soil volume conversion factors are used for estimation of an excavated the soil volume which will be removed or added in levelling the ground surface of a construction site. An accurate evaluation method will help us reduce a construction cost and time consuming. In this study, we performed the laboratory tests, including grain size measurement, water content, specific gravity, porosity, density and XRD tests, to suggest reliable soil volume conversion factors and weathering indices in field using nondestructive methods. The weathering index and soil volume conversion factor L are obtained for different types of soils. At results, the CIW index is the best method measuring the weathering index and the factor L is relative to natural porosity, void ratio, density and dry density.

Keywords : Soil volume conversion factors, weathering indices, nondestructive method

1. 서론

국내 지반의 2/3이상은 화강암을 기반암으로 하므로 대규모 단지 개발의 경우, 화강암 풍화지반의 토량 환산계수(식 1, 식 2)는 단지 설계, 작업계획 및 공사비 산정을 좌우하는 대단히 중요한 요소이다.

$$L = \frac{\text{Loose soil volume}}{\text{Natural soil volume}} = \frac{\text{Natural Density}}{\text{Loose density of soil}} \quad (1)$$

$$C = \frac{\text{Compacted soil volume}}{\text{Natural soil volume}} = \frac{\text{Natural Density}}{\text{Compacted density of soil}} \quad (2)$$

하지만 우리나라 표준 품셈은 주로 외국의 자료를 적용하고 있으며 풍화지반의 경우 토량환산계수 기준이 없어 주로 토사에 준용하여 사용하여 토량변화율이 잘 맞지 않은 문제가 존재한다. 또한 풍화지반에서 풍화암과 풍화토 구분이 어렵고 이에 일률적으로 토량환산계수의 적용에는 문제가 있다. 많은 연구자들이 풍화의 구분과 여러 기법들을 사용한 토량환산계수 산정에 관련하여 연구를 수행하였지만(김진수, 2004; 이재기, 2006; 이종규, 2003; Irfan, 1978; Lee, 1988) 간편하게 현장에서 확인할 수 있는 방법 및 풍화토와 풍화암이 혼합된 지반에서 토량환산계수에 관한 연구는 찾아보기가 힘들다. 따라서 현장에

서 간단한 비파괴 시험 기법을 이용하여 풍화도와 토양환산계수를 산정할 수 있는 시스템 개발의 일환으로 본 논문에서는 풍화지반의 시료를 채취하여 실내실험을 통해 시료의 풍화도 산정 및 토양변화율과 기본 물성치와의 관계를 획득하여, 현장에서 비파괴 시험 기법을 이용하여 풍화도와 토양환산계를 산정하는 방법을 제시하고자 하였다.

2. 시료 채취

본 논문에 사용된 시료는 세종시 공사 구간 중 1-2에서 채취하였으며, 기존의 시추자료를 이용하여 풍화지반이 발달된 지역을 선별하여 채취작업을 수행하였다(그림 1). 흙시료 채취는 들밀도 시험을 통해서 (ASTM D1556) 수행되었으며 2곳(Site 1, Site 2)에서 9개의 시료를 획득하였다(그림 2).

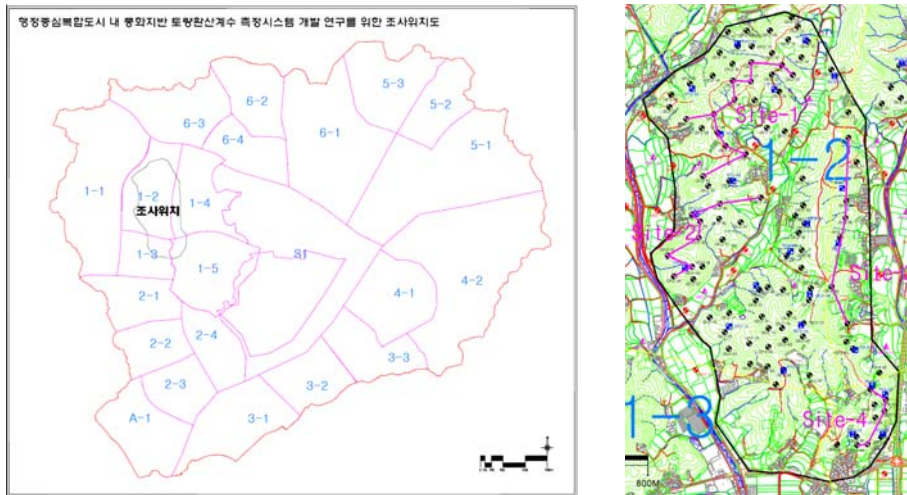


그림 1. 시료 채취 위치-행정중심복합도시



#	위치	시료채취	날짜	주변 환경
1	위치 1: E127°14'57.64" N36°30'58.12"	1-A	2009.07.27	비거른 후 실험 수행
		1-B	2009.09.03	
		1-C	2009.09.03	
		1-D	2009.09.16	약간의 비람
2	위치 2: E127°15'07.46" N36°30'51.49"	2-A	2009.09.03	
		2-B	2009.09.03	
		2-C	2009.09.16	약간의 비람
		2-D		
		2-E		

그림 2. 실험에 사용된 시료

3. 실내 실험

3.1 기본 물성치 실험

시료의 함수비, 비중, 현장 자연상태의 밀도, 공극률, 간극비 등 기본 물성치 값은 ASTM의 D2216; D1556; C127-04; D854-06T 실험 방법에 의해 수행되어 졌으며 9개 시료 모두 풍화토(residual soil or weathered soil)로 판명되었다. 각 실험을 통해서 도출된 결과는 표 1과 같으며, 체가름 시험을 통해 도

출된 결과는 그림 3과 같다.

그림 3에서 볼 수 있듯이 체가름 시험 결과는 대부분이 4.75mm보다 작은 입자로 되어 있으며 입자의 균질성을 보여준다. ASTM D422에 따르면, 채취된 시료는 거칠거나 큰 자갈이 없는 고운 모래와 자갈이 약간 섞인 모래로 구분이 된다. 또한 시료 대부분이 균등계수가 3~15인 균질한 시료이다.

3.2 풍화도 측정

시료의 풍화도를 측정하기 위해서 XRD 시험을 수행하였다. 시료는 채취한 9개의 풍화토 시료와 같은 위치에서 채취한 풍화암 시료를 이용하였다. XRD 시험 결과(표 2)를 이용하여, 여러 종류의 화학적 풍화도를 측정하면 표 3과 같다. 표 3에서, Number 1 시료는 site 1에서 채취한 4개의 풍화토 시료이며, Number 2 시료는 site 1에서 채취한 풍화암이며, Number 3 시료는 site 2에서 채취한 5개의 풍화토 시료이며, Number 4 시료는 site 2에서 채취한 풍화암 시료이다. 표 3과 기존 문헌들에서 제시한 각 풍화지수의 등급을 비교하면, 여러 화학적 풍화지수 중 CIW (Chemical Index of weathering) 지수(Luc Harnois, 1988)가 실험 결과상으로도 풍화등급을 나누는데 있어 가장 적합하고 다른 여러 풍화지수(Gupta, 2001)는 실험 결과상으로도 의미가 없음을 알 수 있다. 표 1 ~ 표 3의 데이터를 이용하여, 추후에 각 시료 별로 실내실험에서 얻은 S-wave, P-wave, 전기비저항값과 풍화도를 상관관계를 맺어 현장에서 간단한 비파괴시험 기법을 통해서 풍화도를 측정할 수 있는 시스템 개발이 가능할 것으로 사료된다.

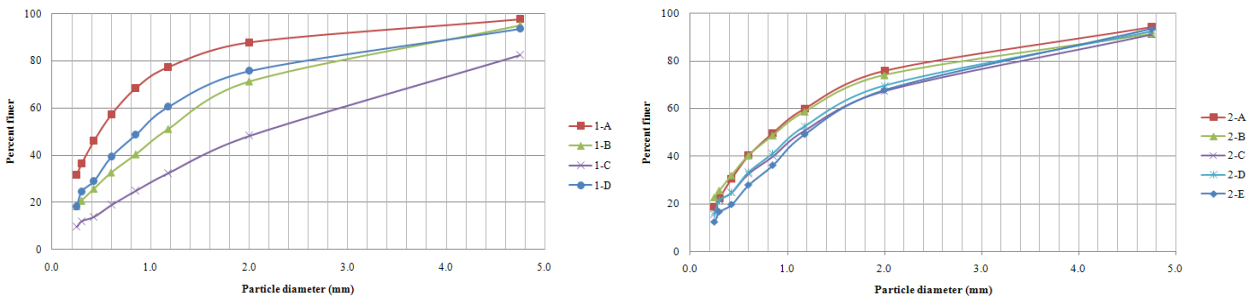


그림 3. 체가름 시험 결과

표 1. 기본 물성치

시료	함수비 (%)	자연 상태의 밀도 (g/cm ³)	건조 상태의 밀도 (g/cm ³)	비중	자연 상태의 공극률	자연 상태의 간극비
1-A	19.165	1.499	1.258	2.633	0.522	1.093
1-B	9.322	1.607	1.470	2.640	0.443	0.795
1-C	8.183	1.462	1.351	2.687	0.497	0.988
1-D	0.000	1.325	1.228	2.741	0.552	1.233
2-A	7.381	1.617	1.506	2.631	0.428	0.747
2-B	7.305	1.393	1.298	2.703	0.520	1.082
2-C	7.781	1.156	1.073	2.661	0.597	1.481
2-D	7.559	1.508	1.402	2.668	0.474	0.903
2-E	4.924	1.477	1.407	2.641	0.467	0.876

표 2. XRD 시험 결과

시료	Mineral 함유량						
	Quartz	Albite	Microlite	Chlorite	Muscovite	Biotite	Kalinite
Number 1	25.3	32.5	20.7	5.6	10.8	1.9	3.3
Number 2	33.4	30.4	27.1	5.2	-	3.9	-
Number 3	32.8	22.9	19.2	5.2	12.4	2.4	5.1
Number 4	27.4	42.5	18.5	8.7	-	2.8	-

표 3. 화학적 풍화지수

화학적 풍화지수	Number 1	Number 2	Number 3	Number 4
Ruxton ratio (RR)	2.209	3.236	2.454	2.651
Parker Index (PI)	91.388	89.789	80.988	84.488
Vogt Ratio (VR)	4.882	3.939	6.148	3.038
Weathering potential index (WPI)	13.949	13.915	12.202	14.087
Modified weathering potential index (MWPI)	14.016	14.052	12.286	14.185
Chemical alteration index (CAI)	67.365	61.542	69.408	65.101
Quartz to felspar ratio (QFR)	0.476	0.581	0.779	0.449
Chemical Index of weathering (CIW)	82.035	78.630	85.978	75.320

3.3 L값과 간극비와의 관계

기본 물성치값을 바탕으로 채취된 시료의 토량변화율 L값과 각 시료의 밀도, 공극율의 상관관계를 맺었다(그림 4). 그림 4에서 볼 수 있듯이, 각각의 물성치와 토량변화율 사이에 의미있는 상관관계가 있음을 알 수 있다. 따라서, 위 결과와 기존 문헌에 존재하는 시료의 밀도, 공극율, 간극비와 S-wave, P-wave, 전기비저항과의 관계를 이용하여, 비파괴기법과 토량변화율과의 관계를 제시할 수 있다.

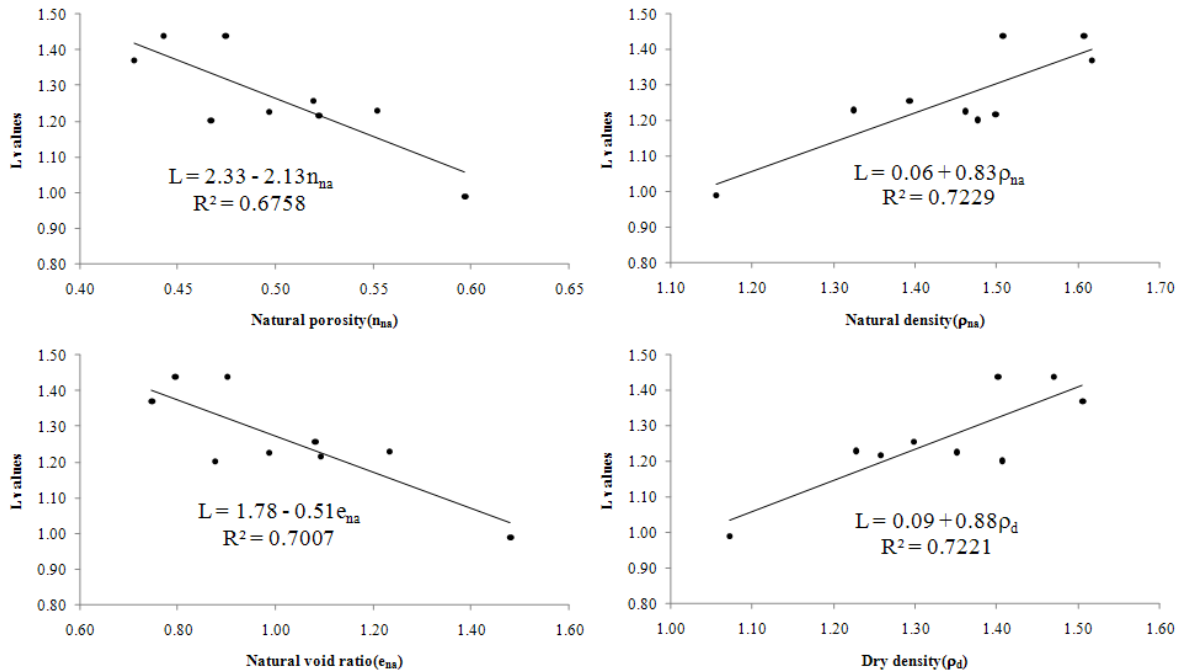


그림 4. 토량변화율 L과 공극률, 밀도, 간극비

4. 현장에서 토량환산계수 산정 방법 제시

실내실험을 통해서 획득한 시료별 풍화도, 토량변화율 L과 공극률, 밀도, 간극비 상관관계와 기존의 문헌, 비파괴기법을 이용하여, 현장에서 토량환산계수 산정 및 풍화도를 측정할 수 있는 방법을 제시할 수 있다. 전기비저항과 풍화도와와의 관계를 실내에서 규명하여 현장에서 간단한 전기비저항 측정기법(류회환, 2008)을 이용하여 풍화도 관계를 도출할 수 있을 것이다. 또한 전기비저항 측정 기법을 이용하여 풍화도/풍화암 구성 비율을 예측할 수 있으며 실내실험을 통한 여러 기본 물성치과 토량변화율의 관계와 수치해석을 통해서 현장에서 측정된 전기비저항 값을 이용하여 토량변화율을 예측할 수 있을 것이다.

5. 결 론

본 연구는 "비파괴 기법을 이용하여 현장에서 토량환산계수 산정할 수 있는 시스템"의 바탕이 되는 풍화도 및 토량환산계수를 실내실험을 통해서 여기 기본 물성치와 상관관계를 맺고자 하였다. 세종시에서 시료를 채취하여 기본 물성치 실험 및 XRD 시험을 통해서 풍화도를 산출하고 본 연구에 가장 적합한 풍화도 측정 방법을 결정하였다. 또한 토량변화율 L과 밀도, 공극률 등과 상관관계를 맺으며 여러 실내 실험 결과를 사용하여 현장에서 토량환산계수를 산정하는 방법을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 한국토지주택공사의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

1. 김진수, 서동주, 이종출 (2004), "수치사진측량기법을 이용한 토량환산계수 산정", *한국측량학회지*, Vol. 22, no. 4, pp. 339~347.
2. 이재기, 정성혁, 이계동 (2006), "디지털사진측량 및 3D 레이저스캐너를 이용한 토량환산계수의 산정", *한국측량학회지*, Vol. 24, no. 2, pp. 227~234.
3. 이종규, 장서만 (2003), "화강 풍화암의 풍화도 및 강도정수의 평가(1)", *한국지반공학회*, Vol. 19, no. 2, pp. 227~236.
4. Irfan, T. Y. and Dearman, W. R. (1978), "Engineering classification and index properties of a weathered granite", *Bulletin of engineering geology and the environment*, Vol. 17, no. 1, pp. 79~90.
5. Gupta, A. S. and Rao, K. S. (2001), "Weathering indices and their applicability for crystalline rocks", *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, Vol. 60, no. 3, pp. 201~221.
6. Lee, S. G. and Freitas de M. H. (1988), "Quantitative definition of highly weathered granite using the slake durability test", *Geotechnique*, Vol 38. no. 4, pp. 635~640.
7. Luc Harnois (1988), "The CIW index: A new chemical index of weathering", *Sedimentary Geology*, Vol. 55, no. 3/4, pp. 319~322.
8. Ryu, H. H., Cho, G.C., Sim, Y. J. and Lee, I. M. (2008), "Detection of anomalies in particulate materials using electrical resistivity survey-enhanced algorithm", *Modern Physics Letters B*, Vol. 22, no. 11, pp. 1093~1098.