

강원도 간성지역에 분포하는 화강풍화토의 도로토공 재료특성 연구

정재형^{1*} · 유준¹ · 김진만¹ · 김승현¹ · 임광수²

¹한국건설기술연구원 지반연구실, ²원주지방국토관리청 도로시설국

Suitability for Subgrade Material of Weathered Granite Soils in the Gansung area of Gangwon-do

Jae-Hyeung Jeong^{1*}, Jun Yu¹, Jin-Man Kim¹, Seung-Hyun Kim¹, and Kwang-Su Lim²

¹Geotechnical Engineering & Tunnelling Research Division, Korea Institute of Construction Technology, Korea

²Road Facility Bureau, Wonju Regional Construction and Management Administration, Korea

건설 현장에서 대규모의 풍화토 지반을 만나게 되면, 지반구조물의 설계 및 시공에 있어서 계획변경을 수반하게 된다. 풍화토는 대부분 공기중에 노출됨과 동시에 풍화가 급속하게 진행되어 토공구조물에 심각한 영향을 줄 수 있으며, 입도가 불량하고 수분에 민감하여 다짐관리가 어렵다. 이러한 풍화토는 공학적인 성질이 지역적으로 대단히 다르게 나타나는 경우가 많아서 지역적 특성을 연구하여 보고하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 강원도 간성지역에서 존재하는 화강풍화토를 발생된 현장 2곳에서 각각 23개소, 8개소 채취하여 지질학적으로 고찰한 후, XRD분석, 입도, 연경도, 다짐특성을 분석하고, 도로 토공재료로서의 평가를 위하여 CBR값과 균등계수, 200체 통과율, 2 mm 이상 골재 함유율과의 연관성을 분석하였다. 그 결과, 연구대상 지역의 화강풍화토는 2 mm이상의 골재함유량이 CBR값에 영향을 크게 주는 것으로 파악되었으며, 기준미달토등에 대하여 2 mm이상의 골재를 혼합하여 토질을 개선할 수 있을 것으로 판단되었다.

주요어 : 풍화토, 대보화강암, 균등계수, 다짐, CBR

Upon encountering weathering soil at a construction site, it may be necessary to change the design and construction plans for geotechnical structures. When weathering soil is exposed to air, the weathering process proceeds rapidly, resulting in significant damage to geotechnical structures, particle defects, and an increase in moisture sensitivity. The management of weathering-soil compaction is challenging. Because the engineering properties of weathering-soils vary regionally, it is important to report the result of research into the regional characteristics of such soils. At two locations of granite gneiss in the Gansung area of Gangwon-do, geological studies were performed at 22 and 8 sites, respectively. At each site, test samples were collected for analysis by XRD and to measure particle size, consistency, and compaction. To evaluate the suitability of the material for road subgrade, we examined the interrelationship between CBR value and the uniformity coefficient, the 200 sieve passing ratio and the aggregate (≥ 2 mm) content. We found that for the weathered granite soil, aggregate sized > 2 mm has a significant effect on the CBR value. In addition, the mixing of aggregate sized > 2 mm with sub-quality soil improves the soil condition.

Key words : Weathered residual soils, Granite gneiss, Uniformity coefficient, Compaction, CBR

서 론

우리나라의 교통수요가 증가하여 다수의 도로 및 철도 등 건설이 추진되어 왔다. 그리고, 국민들의 수준이 높아짐에 따라 사회 간접자본에 대한 기대 및 요구 또한

증가하여 과거보다 빠르게 달릴 수 있는 고품질의 도로가 요구 되고, 건설에 있어서 주변 환경을 배려하여야 하는 등의 다양한 측면을 고려하게 되었다. 결국 교통 인프라를 건설함에 있어서 지질 조건이 나쁜 구간을 우회하거나 회피하지 못하고 기술적인 대처로 계획대로 추진하여야 하

*Corresponding author: jjhcivil@kict.re.kr

는 경우가 많아지면서, 과거에는 보고되지 않았던 지역적인 특색을 가지고 있는 지반 및 지질층이 발견되고 있다.

건설 현장에서 갑작스럽게 대규모의 풍화토 지반을 만나게 되면, 기존의 지반공학 및 지질공학적인 경험과 지식이 적용되지 않는 어려움을 겪게되며, 지반구조물의 설계 및 시공에 있어서 계획변경을 수반하게 된다. 특히 풍화토는 대부분 공기중에 노출됨과 동시에 풍화가 급속하게 진행되어 토공구조물에 심각한 영향을 줄 수 있으며, 입도가 불량하고 수분에 민감하여 다짐관리가 어려우며, 사면 표면에서 유실이 심각하게 발생한다. 이러한 풍화토는 풍화잔적토(Weathered residual soil)라고도 하며 모암이되는 암석이 풍화하여 그 장소에 잔류하고 있으며, 주로 산지, 구릉지대에 존재한다. 퇴적토와 다른 특성을 가지고 있으며, 공학적인 성질이 지역적으로 대단히 다르게 나타나는 경우가 많아서 지역적 특성을 연구하여 보고하는 것이 중요하다.

기존연구에서는 화강 풍화토 지역에서의 사면붕괴 지역 및 산사태 지역의 지질 및 지반을 분석하여 지역적인 특색을 보고한 사례가 많으며, 분석방법으로는 입도분석, 토성실험에서부터 X선 회절분석, 전자현미경 분석 등을 사용하였다. 특히 김경수 등(2006)은 일부 화강암류 지역에 대하여 산사태 지역 토층의 미세조직과 지화학적 특성의 중요성을 평가함에 있어서 XRD (X-ray Diffraction Analysis) 반정량분석 (Semi-Quantitative Analysis)을 활용하여 산사태 지역과 점토광물 함유량을 비교하여 분석한 결과를 제시하고 있다.

도로분야에서는 박성완 등(2005)은 화강 풍화 노상토의 함수특성 거동에 대한 실험을 통하여 화강풍화토의 흡수력의 차이를 고려하여 도로에 적용하는 것이 중요하다고 제시하였으며, 김진철(2005)은 현장발생 이암계 퇴적암의 보조기층 적용성 평가의 연구에서 이암계 혼합석은 골재제조 단계에서 보조기층 재료의 품질기준을 만족하지만 골재 생산 및 현장야적중에 있어서 우수 또는 공기 접촉, 동결 융해에 의하여 풍화가 급속하게 진행되므로 토공재료의 관리에 있어서 신중을 해야 한다고 지적하였다.

지역의 특성을 반영한 연구에 있어서는, 박홍규 등(2003), 김경록(2003)은 흙의 특성과 CBR과의 상관성에 관한 실험적 연구를 통하여 영동지역 건설공사시 실시한 토질시험 자료를 토대로 흙의 공학적 성질과 CBR값과의 상관관계를 분석하여 제시하였으며, 김임근(2004)은 경상남도 및 경상북도의 일반국도와 지방도로의 신설 및 기설도로의 확장부분에 사용된 노상토 재료에 대하여 도

로노상토 재료의 특성과 CBR의 상관성을 분석하였다.

이와 같이 지역적 특성이 있는 지반상의 도로 건설에 있어서 지질조건은 운용중의 유지보수에도 영향을 줄 수 있으며, 도로에 인접해 있는 사면의 안정에도 관계가 있어 대단히 중요한 요소이다. 이에 본 연구에서는 강원도 북부 지역에서 도로 건설도중 발견된 대보화강암 풍화토의 도로 재료로서의 평가를 수행하여 그 특성을 제시하고자 한다. 현장상황을 지질학적으로 분석하여 제시하고, XRD 분석을 이용하여 화강풍화토의 특성을 분석하였다. 그리고 입도분석 등의 물성시험과 다짐시험, CBR시험을 통하여 대상지역 화강 풍화토의 특성을 규명하고자 하였다.

대상현장의 지질학적 고찰

연구대상지역은 고성군 간성읍 상리에서 북쪽으로 고성군 현내면 사천리에 이르는 주변부에 해당된다. 강원도 고성-간성 지역은 우리나라의 최북단에 위치한 휴전선 인접 지역으로서 남북 방향으로 발달한 향로봉 산맥을 기준으로 서고동지의 뚜렷한 지형적 특성을 보여 준다. 향로봉 산맥을 포함한 서측은 주로 선캄브리아기의 변성암류로 구성된 높은 고도의 험준한 산지를 형성하는 반면, 동측은 풍화에 약한 화강암질암으로 구성되어 있어 고도 400 m 이하의 완만한 산지, 구릉지와 평야가 주로 분포한다.

신설도로공사구간은 크게 A공사구간과 B공사구간으로 구분할 수 있다. A구간은 간성 지질도폭에 해당되는 지역이며, B구간은 고성 지질도폭에 해당하는 지역이다. 고성-간성 지역은 경기육괴 북동부에 속하며 선캄브리아기 경기편마암복합체의 준편마암류와 정편마암류를 기저로, 이를 관입한 시대 미상의 염리상 화강암류와 초염기성암맥, 주라기의 대보화강암류와 백악기-제3기의 반심성암맥암류 및 현무암류로 구성된다(조동룡 외, 1998).

A구간의 도로 부근에서는 대보화강암류가 우세하게 분포하며, B구간에서는 화강편마암류가 우세하게 나타난다. 대보화강암류는 각섬석-흑운모 화강섬록암, 반상 각섬석-흑운모 화강암, 섬록암, 복운모 화강암 등으로 나타나며, A구간에서는 주로 각섬석-흑운모 화강섬록암이 관찰된다. 각섬석-흑운모 화강섬록암은 중립질 내지 조립질의 괴상의 암석으로서, 주 구성광물은 석영, 사장석, 알카리 장석, 흑운모와 각섬석 등으로 구성된다. 특히 흑운모의 경우 직경 3~4 mm의 반자형 형태로 노출되며 일부분은 녹염석의 형태로 변질되어 있기도 하다.

일반적으로 화강암은 일반적으로 좋은 품질을 가지는

암석, 풍화에 강한 암석, 절리 발달이 미약한 암석 등 지반공학적으로 상대적으로 양호한 상태를 가지는 암석으로 잘 알려져 있다. 그러나, 화강암체는 심성암이기 때문에, 사면이나 터널, 교량과 같은 지반구조물이 안착되는 부분이 화강암 최초 형성과 관련하여 화강암체의 중앙부나 다른 암석과의 경계부에 가깝게 위치하느냐에 따라 물리적 특성 및 풍화 양상 등 지반공학적 특성이 달라진다. 즉, 경계부에 인접한 화강암체의 경우, 다양한 방향의 절리들이 발달되게 되며, 절리의 노출 빈도가 증가되기도 한다. 또한 화강암체가 지반 용기 작용에 의하여 지표면에 노출될 시 층상절리가 발달하여 비탈면이 형성되는 부분에서는 평면파괴를 유발시키기도 한다. 화강암으로부터 형성되는 최종 산물인 잔류토양은 일반적으로 "마사토(화강풍화토)"로 잘 알려져 있다. 마사토는 형성 최초에는 느슨하지만, 점토질 성분이 침식작용에 의해 제거되면 모래질만 남게 되고, 모래질 토시는 부유되어 쉽게 흘러내리게 된다.

본 지역에 나타나는 대보화강암류는 화강암 자체의 풍화 특성과 더불어 해양성 풍화에 심하게 노출되어 풍화토층의 두께가 2m 이상으로 매우 두껍게 나타나는 것이 특징이다(Fig. 1). 또한 흑운모, 각섬석 등이 풍화로 인하여 변질되어 있어 점토광물을 다양으로 포함하고 있다. 따라서 국지성강우가 발생하는 경우 곤죽처럼 거동되는 특징을 가져 비탈면이나 도로노체로서의 안정성이 충분히 확보되지 않는 것이 특징이다.

B구간에서 주로 관찰되는 화강편마암 내에는 다수의 단층대와 연성전단대가 발견되며, 화강편마암 내 발달하는 엽리는 주로 남북방향으로 발달하는 것이 특징이다(Fig. 2). 신설노선의 방향과 엽리의 발달 방향이 거의 일치하므로 신설노선 구간 내에 비탈면들은 이들의 영



Fig. 1. Typical slope developed in granite (Site A).



Fig. 2. Typical slope developed in granitic gneiss (Site B).

향으로 인하여 안정성이 충분히 확보되지 못하는 상황이었다. 본 지역은 전반적으로 연성전단작용의 영향을 받았으며, 남북 방향의 구조선들이 우세하게 발달하고 있는 것이 특징이다. 연성전단대의 영향을 받은 암석은 주로 화강편마암에서만 제한적으로 관찰되며, 전술한 화강암류에서는 전단대의 특성이 관찰되지 않는다.

연구대상 지역 암석의 지질공학적인 노출 특성은 다음과 같이 요약될 수 있다; ① 화학적·물리적 풍화의 영향과 더불어 해양성 풍화에 상당기간 노출되어 토층 심도가 매우 깊다, ② 흑운모, 각섬석, 장석류 광물의 변질로 인하여 점토광물을 많이 함유하고 있다, ③ 연성전단대 및 단층파쇄대의 영향으로 인하여 쉽게 지표수가 침투하는 특징을 가진다. 이러한 지질공학적 특성의 영향으로 인하여 본 지역의 지반은 터널, 비탈면 등의 지반구조물의 형성과 도로시설의 건설시 열악한 지반으로 분류가 되어 진다.

본 지역은 지형학적 위치로 인한 한계로 많은 연구가 이루어지지 못했으며, 암석의 연대 측정, 암석화학적 특성 등의 제한적인 내용의 기존 연구가 있을 뿐이며, 노출 지반의 지질공학적 특성에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다(길영우 외, 2007; 조등룡 외, 2007).

시료채취 및 재료시험

대상지역 현장 A(연장 약15 km)에서 23개소의 시료를 채취하였으며, 현장 B(연장 약7.9 km)에서는 8개소의 시료를 채취하였다. 이 중에서 현장A에서 8개소, 현장 B에서 3개소의 건조시료에 대하여 X-선 회절분석을 이용한 반정량분석을 실시하였으며 결과는 Table 1과 같다.

모든 시료에서 석영, 장석, 운모가 포함되어 나타났으며, 점토광물인 일라이트, 카올린광물, 녹니석, 버미큘라이트, 스펙타이트 등의 점토광물이 나타났다. 김경수(2005)에 의하면, 각 시료에 대한 점토광물의 함유량(무게비, %)이 모두 20%를 상회하는 경우에는 풍화에 의하여 암반이 세립화될 가능성이 매우 높은 것으로 나타나, 사면불안정, 토사유실 등을 유발시킬 수 있는 지질로 판단되었다.

토사 입도분석 및 D다짐을 통한 최대건조단위중량을 측정하였으며 Table 2에서 정리하였다. 균등계수는 각 현장의 시료별 균등계수를 산술평균 하였으며, 현장 B의 균등계수가 현장 A보다 전반적으로 크고, 균등계수 최대치와 최소치의 차이도 큰 것으로 나타났다. 西田一彦(1986)에 의하면 일본의 화강풍화토는 균등계수가 10~20으로 알려져 있으며, 세립분이 많은 안산암 풍화토의 경우에는 300에 달하는 것도 있다. 연구대상지역 모두에서 일본의 화강풍화토 보다 균등계수의 평균치가 큰 것으로 나타났다. 현장 A와 현장 B는 비중이 비슷하게 나타난 반면에 균등계수 및 최대건조단위중량의 평균치가 상당히 다르게 나타난 것으로 보아 풍화되는 과정에서 토사 입자의 모양과 크기가 달라져서 다짐도등이 달라지는 것으로 판단되었다. Fig. 3는 대상지역의

입도분석 자료를 보여주고 있으며, 현장 A 보다 현장 B에서 입도가 다양하게 분포하므로 다짐이 잘 이루어지는 것으로 판단된다.

Fig. 4는 각종 풍화토의 연경도에 대하여 나타내고 있다. 우리나라와 지질적으로 인접한 일본 화강 풍화토의

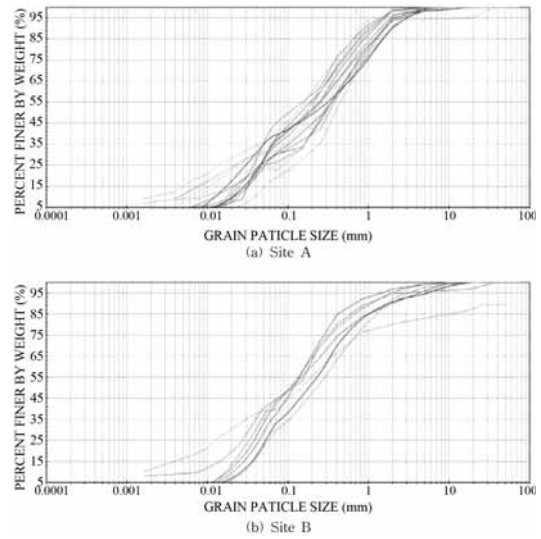


Fig. 3. Grain size analysis.

Table 1. Semi-quantitative analysis using XRD (weight ratio, %).

Sample No.	Site A								Site B		
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
Quartz	27.9	25.0	32.0	50.6	34.5	34.8	30.8	27.0	32.8	41.6	33.4
Plagioclase	23.7	31.1	6.9	4.7	27.7	7.9	0.2	7.5	3.0	11.7	0.0
K-feldspar	20.8	20.5	33.9	19.0	9.4	17.3	38.3	26.7	25.1	22.2	35.8
Mica+Illite	11.2	9.0	10.1	12.8	4.3	14.7	7.9	10.0	6.3	3.3	6.8
Kaolinite	15.1	12.8	15.3	12.9	23.3	23.9	22.3	28.8	32.8	15.2	22.2
Vermiculite	0.6	0.8	1.1	0.0	0.4	0.6	0.1	0.0	0.0	1.6	1.2
Chlorite	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0
Smectite	0.8	0.8	0.7	0.0	0.3	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.6
Clay Contents	27.7	23.4	27.2	25.7	28.3	40.1	30.6	38.8	39.1	24.6	30.8

* Clay Contents = Mica + Illite + Kaolinite + Vermiculite + Chlorite + Smectite

Table 2. Particle analysis of soil samples.

		Maximum	Minimum	Average
Site A	Uniformity coefficient	100	10.57	37.6
	Gs	2.73	2.64	2.68
	Maximum dry unit weight, g/cm ³	1.91	1.63	1.75
Site B	Uniformity coefficient	162.5	8.3	43.5
	Gs	2.76	2.64	2.68
	Maximum dry unit weight, g/cm ³	1.89	1.76	1.82

경우에는 소성지수 1~10%, 액성한계 23~45%로 파악되고 있으나 본 연구 대상지역에서는 액성한계, 소성한계가 모두 NP로 나타나 비교에 어려움이 있다. 풍화토의 액성한계, 소성한계 등을 명확하게 파악하기 위해서는 대단히 신중하게 처리하지 않으면 대부분 NP로 나타나는 것으로 알려져 있어 추가적인 연구가 필요한 부분이라 할 수 있다(西田一彦, 1986).

Fig. 5와 Fig. 6은 현장 A, B에서 채취한 시료들의 다짐실험 결과를 西田一彦(1986)의 결과와 비교하여 표시하였다. 현장 A, B 모두에서 일본의 화강 풍화토 보다 낮은 최대건조밀도를 보이고 있으며, 최적함수비는 일본의 화강풍화토 보다 높은 것으로 나타났다. 현장 A 쪽은 대단히 다양한 다짐특성을 보이고 있어서 현장 B 보다 지질의 변화가 많은 것으로 보인다. 일반적으로 풍화토는 풍화가 될 수록 세립화되면서 최대건조단위중량이 감소하고 최적함수비가 증가하는 것으로 알려져 있다. 그리고, 사암풍화토와 같이 결정성 모암에서 발생한 풍화토의 최대건조밀도가 큰 경향을 보이며, 안산암 풍화토에서 최대건조밀도가 낮은 경향을 보인다. 연구대상

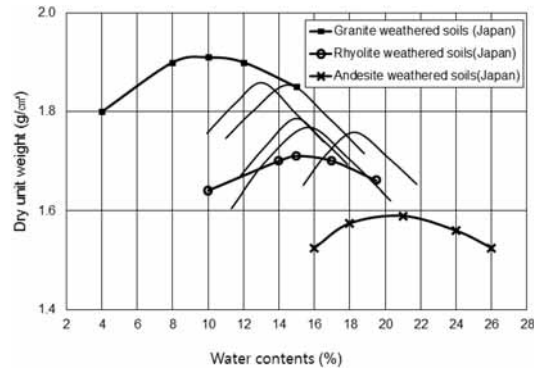


Fig. 6. Compaction test of site B soils.

현장 A, B의 대보화강암, 화강편마암 풍화토는 최적함수비가 높은 편에 속하며 최대건조단위중량 또한 일본의 화강풍화토 보다 낮다.

CBR값을 이용한 도로 토공재료 평가

좋은 도로 토공재료는 성토 작업에 있어서 목적하는 강도가 구현되어야 하고, 압축성이 균일하여 부등침하 우려가 적고, 투수성이 적어서 도로 침수시에도 연약화나 팽창현상이 적은 토사이다. 일반적으로 CBR값은 도로 토공 재료를 전반적으로 평가하는 파라미터이다. 우리나라의 각종 도로관련 시방서나 도로설계편람에서도 CBR 값과 연경도등을 재료평가 항목으로 활용하고 있다. 본 연구에서는 대상현장의 풍화토를 도로 토공재료로서의 특성을 파악하기 위하여 CBR값과 비교 분석하였다. 일반적으로 CBR값은 토사에 자갈성분이 많이 포함될수록 높아지는 경향이 있다. 이것은 교통하중을 골재부분이 우선적으로 지지하고, 잘 다져진 세립분이 하중을 분산하는 역할을 할 수 있기 때문이다. 즉, 골재가 토사에 함유되어 있어야 하고 세립분이 잘 다져질 수 있어야 CBR값이 높다.

Fig. 7은 통일분류에 의한 토질분류과 CBR 값을 비교하여 도시하였다. 김경록(2003), 김임근(2004)에서 평가된 다른 지역의 CBR 값과 연구대상지역의 CBR 값의 범위를 비교하였다. CBR값의 최대치, 최소치, 평균치를 표시하였으며, 대상현장은 SM으로 분류되어 지리적으로는 강원도 영동지역에 가까우나 CBR값의 분포는 경상지역과 유사한 결과를 보였다.

Fig. 8은 연구대상 화강풍화토의 CBR값과 200번체 통과율의 연관성을 나타내었다. 앞에서와 같이 김경록

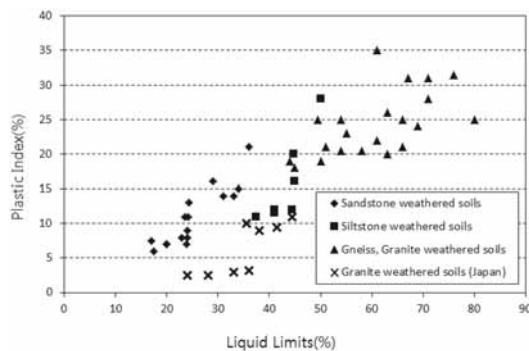


Fig. 4. Consistency of weathered soils (西田一彦 , 1986).

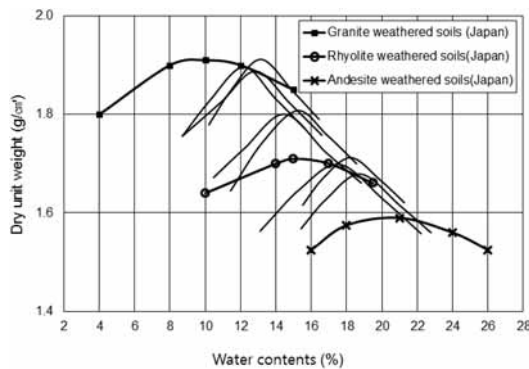


Fig. 5. Compaction test of site A soils.

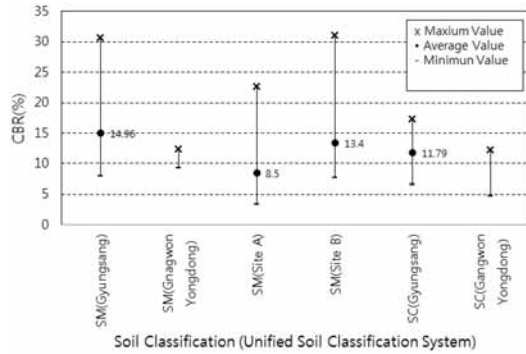


Fig. 7. CBR vs soil classification.

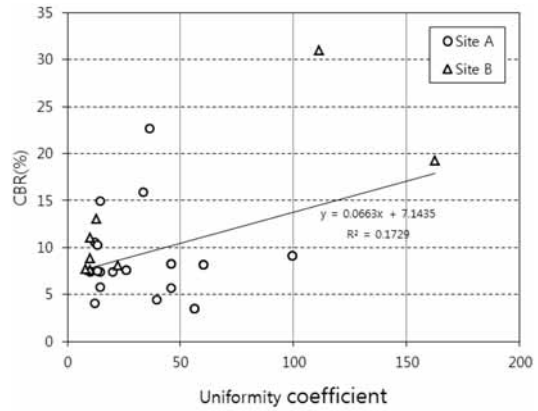


Fig. 9. CBR vs uniformity coefficient of weathered soils.

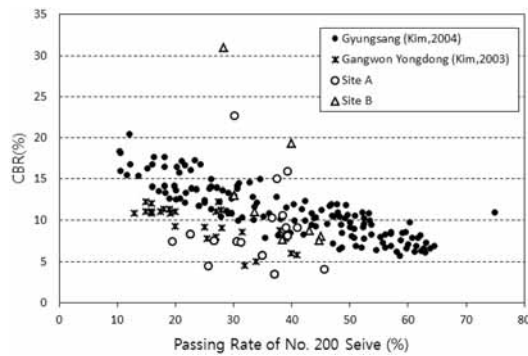


Fig. 8. CBR vs passing rate of No. 200 sieve of weathered soils.

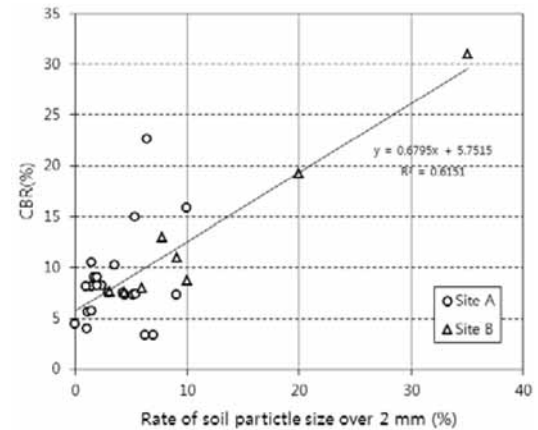


Fig. 10. CBR vs rate of soil particle size > 2 mm.

(2003), 김임곤(2004)에서 평가된 다른 지역의 CBR 값과 연구대상지역의 CBR 값을 표시하였다. 기존 연구자의 연구결과와 다르게 대상지역의 CBR값은 200번체 통과율과의 연관성이 적은 것으로 나타났다. 세립분의 다짐 특성에 CBR값에 미치는 영향이 매우 큼에도 불구하고 연구대상 화강풍화토에서는 200체 통과율 50%이하에서는 변화의 폭이 매우 크게 나타났다. 이것은 간성지역 화강풍화토의 특성으로 보이며 세립분의 다짐특성이 입자 크기와 함께 입자의 형상등에 대한 영향으로 생각되며, 시료중 골재 함유량의 영향이 있다고 판단된다(Fig. 10).

Fig. 9는 연구대상 화강풍화토의 CBR값과 균등계수의 연관성을 나타내었다. 균등계수는 시료의 입도분포를 나타내는 파라미터이며, 10이상의 값일 때 좋은 입도로 판단할 수 있으나, 너무 큰 값을 보이면 시료의 재료분리가 우려되는 경우도 있다. 현장 B의 화강풍화토가 좀더 세립분이 많으나 골재분도 현장 A보다 많은 경우가 존재하여 균등계수의 변화폭이 크게 파악되었으며, 균등계수의 증가와 함께 CBR 값이 어느 정도 증가하는 경

향으로 나타났다. 대상지역의 화강풍화토는 Fig. 9의 추세선에서 보여지듯이 균등계수 150 이하에서 CBR값과의 어느 정도의 연관성($R^2=0.1729$)이 있는 것으로 판단되었다. 그러나 균등계수의 크기는 골재의 함량이 많아지거나 세립자의 함량이 많을수록 상대적으로 증가할 수 있으며, 세립분의 함유량이 많아서 균등계수가 증가할 경우 CBR값도 비례하여 증가 하지 않을 가능성이 있어 지역적으로 입도분포와 입자형상 등의 특성 파악에 대한 연구가 요구되었다.

연구대상지역의 화강풍화토에 대하여 골재함량에 따른 CBR값의 영향을 조사하였으며, 이 중에서 2 mm 이상 골재함유량에 대하여 Fig. 10과 같은 결과를 얻었다. Fig. 10에서 현장 B의 화강풍화토에서 세립분이 중량비 30%정도로 많이 포함된 시료에서도 2 mm 이상 골재의 함유량이 많은 경우에는 CBR값이 크게 나왔다. 현장 A

의 화강풍화토에 있어서는 2 mm 이상 골재의 함유량이 10%로 이하로서 CBR값의 편차가 큰 편이지만 대체적인 경향은 일치하는 것으로 보인다($R^2=0.6151$).

연구지역 화강풍화토의 고찰

본 연구에서는 강원도 간성지역에서 존재하는 화강풍화토가 발생된 현장 2곳에서 각각 23개소, 8개소를 지질학적으로 고찰하고, 시료를 채취하여 XRD분석, 입도, 연경도, 다짐특성을 분석하고, 도로 토공재료로서의 평가를 위하여 CBR값과 균등계수, 200체 통과율, 2 mm 이상 골재 함유율과의 연관성을 분석하였다.

Site A의 대보화강암 풍화토는 흑운모, 각섬석 등이 풍화로 인하여 변질되어 있어 점토광물을 다량으로 포함하고 있으며, B구간에서의 화강편마암 풍화토는 다수의 단층대와 연성전단대가 포함된 화강편마암이 관찰되는 것이 특징이다.

연구대상지역 현장 A와 현장 B는 비중이 비슷하게 나타난 반면에 균등계수 및 최대건조단위중량의 평균치가 상당히 다르게 나타난 것으로 보아 풍화되는 과정에서 토사 입자의 모양과 크기가 달라져서 다짐도 등이 달라지는 것으로 판단되었다.

그리고, 현장 A, B의 대보화강암, 화강편마암 풍화토는 최적함수비가 다른 풍화토와 비교하여 높은 편에 속하며 건조단위 중량 또한 일본의 화강풍화토 보다는 낮지만 다른 풍화토 보다 높아서 세립화, 파쇄화가 많이 진행된 것으로 판단되며 골재를 많이 포함 하고 있어서 CBR값이 국내의 타지역에 비해서 상대적으로 좋은 지점도 있으나, 대상지역 대다수 시료가 우리나라의 도로 재료기준인 CBR값 10이상을 만족하지는 못한다.

연구대상 화강풍화토의 도로 토공재료 특성을 CBR값으로 평가하면, 2 mm 이상의 골재함유량이 CBR값에 주는 영향이 큰 것으로 파악되었다. 현장 A의 화강풍화토에 있어서는 대부분 시료가 2 mm 이상 골재의 함유량이 10%로 이하로서 CBR값의 편차가 큰 편이지만 대체적인 경향은 일치하였으며($R^2=0.6151$), 현재 상태로 도로 토공재료로 사용하기 어려운 연구대상 지역의 화강풍화토에 2 mm 이상의 골재를 혼합하여 토질을 개선할 수 있을 것으로 판단되었다.

결 론

본 연구에서는 강원도 북부지역에서 존재하는 화강풍

화토를 XRD, 입도, 연경도, 다짐특성을 분석하고, CBR 값을 활용하여 도로 토공재료로서의 특성을 평가하고 제시하였다. 이를 토대로 대상지역에서 도로 등의 토공작업 수행시 합리적인 대책을 세울 수 있으며, 이들 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 연구대상지역의 화강풍화토에서는 석영, 장석, 운모가 포함되어 나타났으며, 점토광물인 일라이트, 카올린광물, 녹니석, 비미큘라이트, 스멕타이트 등의 점토광물이 나타났다. 각 시료에 대한 점토광물의 함유량이 20%를 넘어 풍화에 의하여 모암이 세립화되는 것으로 나타났다.

2) 대상지역 A, B의 다짐실험 결과에서 이 지역의 화강풍화토는 일본의 화강풍화토 보다 낮은 최대건조밀도를 보이고 있으며, 최적함수비는 높은 것으로 나타났다. 이것은 세립화, 파쇄화가 많이 진행된 것으로 판단된다.

3) 통일분류에 의한 토질분류와 CBR 값을 비교하면, 대상현장의 화강풍화토는 SM으로 분류되고 지리적으로는 강원도 영동지역에 가까우나 CBR값의 분포는 경상지역과 유사한 결과를 보였다.

4) 연구대상 화강풍화토의 도로 토공재료 특성을 CBR값으로 평가하면, 2 mm 이상의 골재함유량이 CBR값에 주는 영향이 큰 것으로 파악되었다.

참고문헌

- 길영우, 신홍자, 고보균, 2007, 강원도 고성지역에 분포하는 알카리 현무암질 마그마의 상승경로, 16(4), 196-207.
- 김경록, 2003, 흙의 특성과 CBR과의 상관성에 관한 실험적 연구, 관동대학교 석사학위논문, 1-149.
- 김경수, 2005, 산사태지역 토층의 미세조직과 지화학적 특성의 중요성, 지질공학, 15(4), 447-462.
- 김경수, 추창오, 부성안, 정교철, 2006, 산사태 지역 토층의 미세조직과 지화학적 특성의 중요성, 지질공학, 15(4), 447-462.
- 김입근, 2004, 도로 노상토 재료의 특성과 CBR의 상관성 분석, 밀양대학교 석사학위논문, 1-160.
- 김진철, 2005, 현장발생 이암계 퇴적암의 보조기층 적용성 평가, 한국도로학회 논문집, 7(3), 93-100.
- 박성완, 황규영, 2005, 화강풍화 노상토의 함수특성 거동, 2005 도로학회 학술발표회 논문집, 325-330.
- 박홍규, 김경록, 2003, 흙의 특성과 CBR과의 상관성에 관한 실험적 연구, 한국지반환경공학회 논문집, 4(1), 41-48.
- 조등룡, 홍승호, 최위찬, 이병주, 최범영, 1998, 고성-간성 도륙 지질조사보고서, 59 p.
- 조등룡, Kazuhiro Suzuki, 최위찬, Mamoru Adachi, 2007, 경기육괴 북동부 고성-간성 지역 선캠브리아 암

석의 CHIME 연대와 그 지체구조적 의의, 16(1), 1-11.
西田一彦, 1986, 風化殘積土の工學的性質, 鹿島出版, 東京, 120-123.

2011년 8월 10일 원고접수, 2011년 9월 20일 게재승인

정재형

한국건설기술연구원 지반연구실
411-712 경기도 고양시 일산서구 대화동 2311
Tel: 031-910-0378
E-mail: jjhcivil@kict.re.kr

유준

한국건설기술연구원 지반연구실
411-712 경기도 고양시 일산서구 대화동 2311
Tel: 031-910-0527
E-mail: yujun@kict.re.kr

김진만

한국건설기술연구원 지반연구실
411-712 경기도 고양시 일산서구 대화동 2311
Tel: 031-910-0221
E-mail: jmkim@kict.re.kr

김승현

한국건설기술연구원 지반연구실
411-712 경기도 고양시 일산서구 대화동 2311
Tel: 031-910-0524
E-mail: sshkim@kict.re.kr

임광수

원주지방국토관리청 도로시설국
220-937 강원도 원주시 단계로 283 정부종합청사
Tel: 033-749-8250
E-mail: lim579@mltm.go.kr