

III-184 火成岩風化土の工学的特性について

京都大学工学部 正会員 松尾 新一郎
 関西大学工学部 正会員 西田 一彦
 ○ 大阪工業大学 正会員 福田 護

1. まえがき

わが国、とくに関西地域においては、近代工業の急速な発展から都市平野部の余地は少なく、多種多様な土質からなる丘陵・山間部への大規模な開発が進み、山間高速道路、鉄道、宅地などの建設工事がますます盛んになっている。このようなすう勢から、丘陵・山間部においてもっとも広く分布する火成岩風化土の研究結果について報告する。一般に火成岩は、生成された部位（組織）と鉱物成分の相違によって表-1のように分類され、わが国の露出部における岩種別百分率は表-2のとおりである。これらを母岩とする風化土の工学的性質は、その母岩の鉱物組成からその特有の個性を有することが明らかとなった。

2. 母岩と風化

花崗岩の風化を受けない新鮮なものは、きわめて硬質であるが、一般に節理が発達し結晶粒子が大きく粒状構造を呈し、さらには固結する際、結晶粒子は普通収縮するので、粒子間の結合は弱く、そのため気温の変化による風化分解作用を受けると容易に風化され砂質土（マサ土）となる。閃緑岩は、花崗岩の岩質に類似してはいるが花崗岩より一般に節理が少なく、また造岩鉱物の粒度が花崗岩のそれに比べ一般に小さく、風化深さも花崗岩のそれよりも浅い傾向がみられる。流紋岩・安山岩は、硬質で節理もみられるが、しかし多くのものは第三紀以後に噴出した岩石のため、地質時代として新しく、一般に地下深くまで風化作用は受けていない。上述の閃緑岩・流紋岩風化土は鉱物組成および地質時代からみて砂質土、安山岩は砂質土ないしはシルト質土となっている。玄武岩は、有色鉱物を主成分とするため、きわめて風化されやすく、風化を受けるとそれらの鉱物が二次鉱物に変わり粘性土となる。はんれい岩は、へき閉面が発達したもうい有色鉱物で構成され、気温の変化の影響をいちじるしく受けやすく、風化されると玄武岩と同様粘性土となる。表-3は、本研究に用いられた各国風化土試料中の組粒分における含有鉱物を示す。

なお、本研究においては、母岩が超塩基性のかんらん岩風化土および純紋岩風化土をも加え研究を進めることにする。

表-1 火成岩の分類表

岩石の色		酸性岩（灰色）	中性岩	強酸性岩（緑色）
噴出岩（火山岩）	侵入岩	流紋岩 → 安山岩 → 玄武岩	石英斑岩 → ひん岩 → 輝岩	花こう岩 → せん緑岩 → はんれい岩
火成岩				

表-2 日本における岩石の露出百分率（都城秋穂）

火成岩	35.3%	第三紀層も含む
変成岩	3.6%	
堆積岩	61.1%	ちゅう積層土・ちゅう積層土を含む

表-3 岩石の風化様式

岩石の種類	風化様式
花こう岩	基岩 → 岩塊 → 砂
せん緑岩	基岩 → 砂
石英斑岩・石英粗面岩	基岩塊（人頭大） → 砂利
安山岩	基岩 → 砂・シルト
玄武岩	基岩 → 岩塊 → 粘土・粘土
はんれい岩	基岩 → 岩塊 → 粘土

3. 工学的性質

(1)比重；火成岩のおもな造岩鉱物は、石英・長石・雲母・角閃石・輝石・かんらん石など数種類程度であるが、個々の鉱物粒子の比重が異なるため、工全体平均比重 G_s はこれらの鉱物の組合せ量により左右される。表-5は、各種風化工の G_s を測定した結果の平均値を示したもので試料が少ないため確定的なものでないが、有色鉱物の多い母岩ほど、すなわち塩基性岩寄りの風化工ほど G_s は大となる傾向を示している。通常、火成岩風化工比重は、2.55~2.75の範囲にあるものと考えられる。

表-4 試料中の細粒土鉱物

風化工の種類	試料名	石英	長石	カオリサイト	ハロイサイト	イライイト	モンモリロナイト
流紋岩風化工	市之類A	◎	○	△	△		△
	市之類B	○	◎	○	○		△
閃緑岩風化工	花屋敷B			○	○	△	○
	花屋敷F			△	△		
安山岩風化工	ニ工山			○	○		○
はんれい岩風化工	生駒山頂			○	○		
玄武岩風化工	芝山			○	○		◎

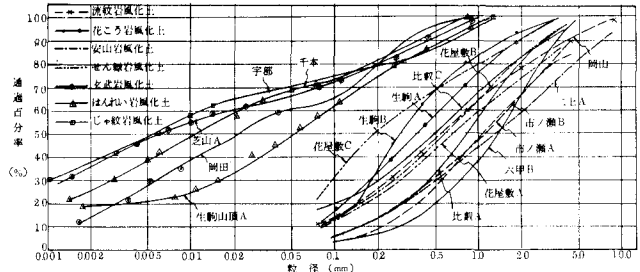
(2)粒度；図-1は、気乾乾燥状態の試料500gを2.0m高さから30回落下調整し、その後ふるい分け試験をおこなったものである。図からわかるように、酸性・中性岩風化工、すなわち流紋岩・花崗岩・安山岩・閃緑岩風化工の粒度分布は、造岩鉱物および風化の度合により多少差異はあるが、いずれにしてもあらい粒子から細かい粒子を含む粒度配合のよい砂質土である。これは、おのおのの鉱物が、風化されにくい石英および比較的風化されにくい長石・雲母類が主となっているためである。このうち、花崗岩風化工いわゆるマサ土の長石粒子は母岩のときから粒子が大きく、風化されると結晶格子の元素が欠除し、空げきを生じ非常に細かい粒子となることが明らかにされている。塩基性風化工、すなわち玄武岩・はん

表-5 比重、P.H.、しゅく熱減量

	酸性岩風化工	中性岩風化工	塩基性岩風化工
火 山 岩	流紋岩風化工	安山岩風化工	玄武岩風化工
比重 G_s	2.65	2.66	2.75
P.H.	5.3	5.7	4.6
しゅく熱減量	5.03	4.12	9.77
深 成 岩	花こう岩風化工	せん緑岩風化工	はんれい岩風化工
比重 G_s	2.65	2.67	2.67
P.H.	5.4	4.4	4.7
しゅく熱減量	2.98	6.17	10.96

図-1

風化工粒度積曲線



れい岩風化工は、粒径積曲線からみられるように、非常に粒子が細かく粘性土となっている。それは、母岩の主たる造岩鉱物のかんらん石・輝石などが風化されると粘土鉱物に変わるためである。以上のように、一般的に、酸性・中性岩風化工は砂質土、また塩基性風化工は粘性土とみられる。

(3)コンシステンシー；カサフランデが提案した液性限界・塑性限界試験法がJ.I.S.として広く利用されているが、風化砂質土ではほとんどN.P.となる。そこで、コンクリート用スランプコーンを用いて流動限界 W_L を測定する方法が用いられる²⁾。この方法による試験結果が図-2に示されている。この結果をよくみると、塩基性岩寄りの風化工ほどコンシステンシーは大となる。この理由は、さきに述べたと同様に、母岩に含まれていた有色鉱物の質と量に大きく支配されているものと考えられる。一般的に、火山岩風化工は、同性の深成岩風化工に比べ、 W_L がやや高い傾向を示す。表-6は、各

風化土試料のコンシステンシー試験結果を表示したものである。

(4) pH、しゃく熱減量；表-5にpHおよびしゃく熱減量試験結果が示されている。

一般に、火成岩風化土は、風化が進むにつれ塩基性成分が溶脱され、酸性土壌化するが、一般的傾向として、塩基性寄りの風化土ほど風化にともなう酸性化がいちじるしい。しゃく熱減量は、粘土分の多い塩基性寄りの風化土ほど高い値を示し、とくに玄武岩風化土はモンモリロナイトの含有量が多いため高い値を示している。

(5) 締固め；J.I.S A1210の締固めによる試験結果が図-3に示されている。図からわかるように、各種風化土別に顕著な差異が認められる。花崗岩風化土の締固め密度 γ_{dmax} は、1.70～1.85 γ_{cm} で、最適含水比 w_{opt} は11～17%の範囲のものがほとんどで、非常に密に締固まり、 w_{opt} は低い。流紋岩・閃緑岩風化土の γ_{dmax} は、それぞれ1.59～1.67 γ_{cm} および1.50～1.75 γ_{cm} 、また、 w_{opt} は17～23% および17～21%の範囲のものがほとんどで、中位程度に締固まる土のようである。安山岩風化土の γ_{dmax} および w_{opt} は、それぞれ1.46 γ_{cm} と28%で、やや締まりにくく、また w_{opt} は他の風化砂質土に比べ高い。玄武岩・はんれい岩風化土は粘性土のため γ_{dmax} は低く、玄武岩風化土では $\gamma_{dmax}=1.16\gamma_{cm}$ 、はんれい岩風化土では $\gamma_{dmax}=1.17$ 、また w_{opt} はそれぞれ28.5%および29.0%と高い値を示す。つぎに各風化土に対する γ_{dmax} と w_{fl} との関係が図-4

に示されているが、 w_{fl} の値が大になるほど γ_{dmax} の値は小さくなり、両者はほぼ直線的な関係を示す。

(6) 透水性；花崗岩風化土の試料を主とする種々の間げき比に調整された土の透水試験の結果をまとめてみると、各試料とも半対数紙上で、透水係数 k と間げき比 e は、ほぼ直線関係を示し、 w_{fl} が小さいほど同一間げき比において、 k の値は小さい。また、さらに w_{fl} の大きい風化土ほど e — k こう配が小さくなる傾向を示す。

(7) C.B.R値；各種風化土の非水浸C.B.R試験結果が、図-5に示されている。この図をみると、

図-2 スランプ高さと含水比 ($S=3cm$ の含水比を w_{fl} とする)

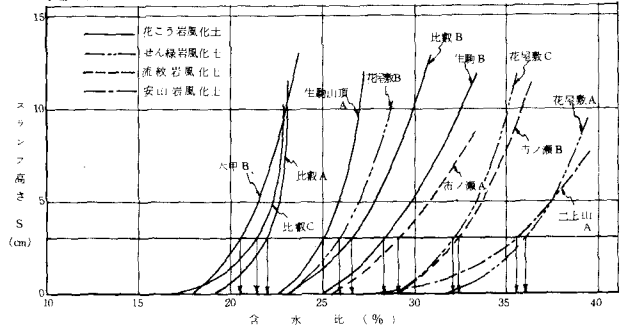
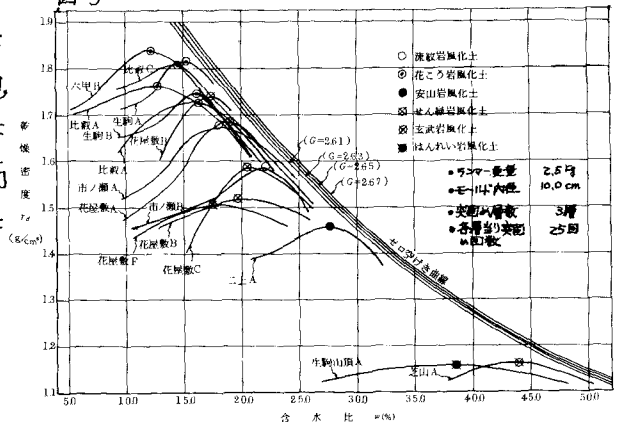


表-6 コンシステンシー

母岩名	試料名	稠度 w_{fl}	LL	母岩名	試料名	稠度 w_{fl}	LL
流紋岩	市ノ瀬A	27.3	-	閃緑岩	花屋敷B	26.3	-
"	市ノ瀬B	32.5	-	"	花屋敷A	28.6	-
花崗岩	六甲B	20.6	-	"	花屋敷F	32.1	-
"	比叡C	21.6	-	玄武岩	芝山A	-	79.0
"	比叡A	22.0	-	"	岡田A	-	89.6
"	生駒C	22.5	-	はんれい岩	千本	-	55.9
"	生駒A	24.6	-	"	生駒山頂	-	56.1
"	比叡B	26.6	-	蛇紋岩	宇都	-	76.7
"	生駒B	27.8	-	"	大江山	-	106.0
安山岩	二上山A	35.8	-	かんらん岩	中島鶴	-	68.0

図-3 JIS A 1210による火成岩風化土の締固めの曲線



花崗岩風化土は他の土に比べ、非常によく締固まっているにもかかわらず、非水浸C.B.R値は他の土に比べ、非常に低い値を示している。この理由は、さきに述べたように花崗岩風化土中の空どう化された長石と雲母類が圧縮に対し非常に弱いためである。多くの花崗岩風化土の非水浸C.B.R値は、35~60%の範囲にあるものと思われ、路盤材としてはあまり良質のものではない。火成岩風化土のうち、もっとも高いC.B.R値を示す土は、流紋岩風化土で100%前後の値を示し、修正C.B.R値も高く良質な土である。安山岩風化土は、高いC.B.R値を示しているが、本試料の試験のみで良質な土と確定化するのには早計のようである。閃緑岩風化土の非水浸C.B.R値は、60~80%の範囲で流紋岩風化土と花崗岩風化土の中間の値を示し、修正C.B.R値は10~27%とかなりばらつきがみられる。つぎに、玄武岩・はんれい岩風化土は粘土土のため、非水浸C.B.R値は60~70%で、修正C.B.R値も高い値を期待することはできず、また膨潤性もあるので路盤材としては良質な土ではない。

⑤圧縮性；各風化土の圧縮性は、相互にかなりの差異があり、同種の土でも条件によって微妙に変化するものと考えられる。

千. あとがき

以上、各種火成岩風化土の試験結果とその特性について述べたが、今後、各試験項目別に詳細な報告をする予定である。

文献

1) Consistency of Decomposed Granite Soils and its Relation to Engineering Properties, S. Matsumoto, M. Fukuda and K. Nishida, Soil and Foundation Engineering, the Japan Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, 2) 土質試験法, 土質工学編, S.95.11.15, P.529~P.532 No.4, 1970

図-4

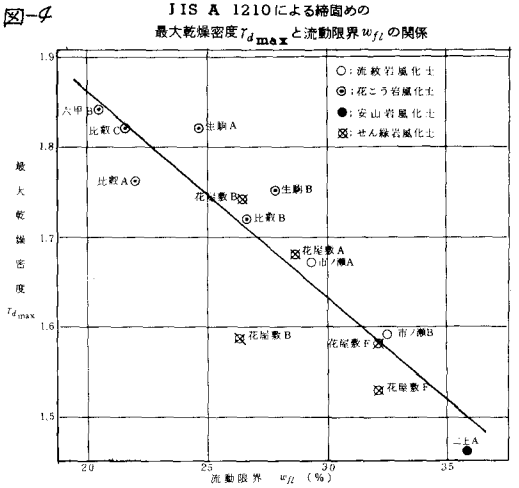


図-5

