

安定処理した火山灰質粘性土の一軸圧縮強度に関する研究

○熊本大学工学部 学生員 近藤 邦博 熊本大学工学部 正会員 北園 芳人
熊本大学大学院 学生員 林田 純 熊本大学工学部 正会員 鈴木 敦巳

1. はじめに

火山灰質粘性土は、高含水比で強度が小さい。特にアロフェン系の火山灰質粘性土である赤ぼくや黒ぼくは攪乱による強度低下が著しい¹⁾。そのような土を有効利用するために、化学的安定処理を施すことが行われている。そこで問題となるのは、土の種類や固化材成分の違いにより安定処理効果が異なってくることである。従って、安定処理した火山灰質粘性土の改良効果を予測するには、改良土の一軸圧縮強度に影響を及ぼす要因を把握する必要がある。そこで本研究は、一軸圧縮強度と物理・化学特性との相関性や固化材成分の比較により、一軸圧縮強度への影響要因を明らかにすることを試みた。

2. 試料と試験方法

今回実験した試料について物理・化学特性を表-1に示す。各試料は、阿蘇火山噴出物の火山灰質粘性土でⅠ：赤ぼく〔採取地：宮山〕、Ⅱ：黒ぼく〔北九牧場(上)〕とⅢ：黒ぼく〔北九牧場(下)〕である。試験方法は、まず物理・化学試験を行い、各試料の物理・化学特性を調べた。次に、未改良土とセメント系固化材の添加率を変えて改良した土を養生日数の異なる条件のもとで、一軸圧縮試験を実施した。養生日数は、締固め当日、3日、7日、28日として改良効果の検討を行った。また、添加材は火山灰質粘性土対応のA(従来型)とB(六価クロム対応型)の2種類(表-2)を用いて行った。さらに、一軸圧縮強度と物理・化学特性との相関性を調べるために、過去のデータ^{2) 3) 4)}(Ⅳ-A, V-A, VI-A, VII-A, VIII-A, IX-A)も用い、全部で9種類の試料で検討した。

表-1 物理・化学試験の結果

試料	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
自然含水比(%)	141.6	184.8	135.4
土粒子密度(g/cm ³)	2.786	2.546	2.736
SiO ₂ (%)	11.38	8.51	9.71
Al ₂ O ₃ (%)	23.98	13.49	21.17
Fe ₂ O ₃ (%)	6.80	5.43	7.86
非晶質珪物量(%)	42.16	27.43	38.74
強熱減量(%)	17.0	29.1	26.2
有機物含有量(%)	2.5	20.6	12.6
液性限界(%)	150.2	219.6	147.6
塑性限界(%)	105.2	157.7	102.6
液性指数	0.809	0.438	0.729
塑性指数	45.0	61.9	45.0
河東水量(%)	100.2	116.9	91.1

表-2 固化材成分

項目	A(%)	B(%)
Igloss	2.2	
SiO ₂	8.8	23.0
Al ₂ O ₃	2.1	1.0
Fe ₂ O ₃	1.2	2.1
CaO	64.4	58.0
MgO	0.9	3.0
SO ₃	19.9	

3. 一軸圧縮試験

(1) 固化材成分と改良効果

図-1よりAでは、添加率10%までは改良効果はでず、Bでは添加率15%まで改良効果はでないことが分かる。また、強度の増加率はAの方がよいことが分かる。その違いは表-2より固化材成分の違いによるものと考えられる。成分の違いを比較すると、AはBよりSiO₂が少なく、SO₃が多いことが分かる。また、普通ポルトランドセメントと比較したところ、BのSiO₂含有率はそれと変わらなかった。従って、安定処理効果の違いは、SO₃の含有率によるものと考えられ、それが大きいAはBよりエトリンガイトを多く生成するため、安定処理効果が大きいと考えられる。

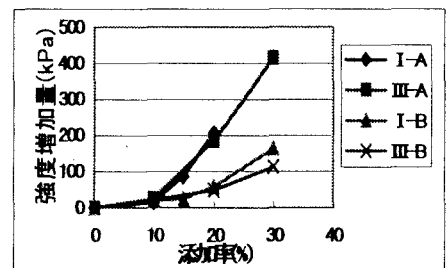


図-1 添加率と強度増加量

一般粘性土の強度式: $q_u = a(A_w/W_n)^c + b \dots (1)$
 q_u : 一軸圧縮強度(kPa) A_w : 添加率(%)
 W_n : 初期含水比(%) a, b, c : 定数

(2) 強度式と一軸圧縮強度の影響因子

土の種類によって安定処理効果が違うのは、様々な影響因子が複雑に絡み合っているからだと考えられる。従って、物理・化学特性と一軸圧縮強度との関係を個別に見て、影響因子を特定できるものではない

と考えられる。そこで、一般粘性土の強度式(1)を参考⁵⁾に、7日養生における火山灰質粘性土の強度式⁴⁾を考慮して、それと前述9種類の試料の物理・化学特性との相関性により影響因子を探った。

(i)拘束水について

火山灰質粘性土は拘束水量が多く、拘束水 $W_c(pF \geq 4.2)$ は土粒子に強く拘束されていて、土の強度低下には関与しないと考えられることから、(1)式の初期含水比 W_n の代わりに、 W_n から W_c を引いた有効水 $W_a(pF < 4.2)$ を用いた強度式の方が、精度が良くなるのではと考えた。そこで、6種類の試料で添加率と養生日数を変えて拘束水量試験を行った。その結果、以下のようなことがわかった。

- ①拘束水は養生日数の違いによる変化は見られないが、添加率の増加とともに減少する。
- ②有効水は添加率の増加とともに減少し、その変化量は土の種類により異なる(図-2)。

従って、②より有効水は初期含水比の代わりに使えないということが分かった。そこで、今回の強度式は、(1)式を用いることにした。

(ii)定数cの決定

まず各試料において、(添加材/水)比と一軸圧縮強度の関係が、(1)式と相関が良くなるように定数 c を変えて検討した。その結果、定数 c は 1.0 付近で相関が良くなった。そこで、定数 c を全試料のデータを用いて検討した結果 $c=1.0$ の時最も良い相関が得られた(図-3)。これは、コンクリートの強度式と同じ形である。

(iii)定数 a, b と物理・化学特性の関係

(1)式で $c=1.0$ として各試料の相関式をもとめ、定数 a, b を決定した。その値と物理・化学特性値との単相関係数をもとめた(表-3)。表-3 から、定数 a と最も高い相関がある物理・化学特性は有機物含有量であり、定数 b は液性指数であることが分かる。このことから、定数 a は土のボゾラン反応と関係が深いので、有機物含有量がボゾラン反応の妨げになっていることがうかがえる。また定数 b は未処理土の一軸圧縮強度に関係が深いと考えられ、そのため液性指数と高い相関があると考えられる。

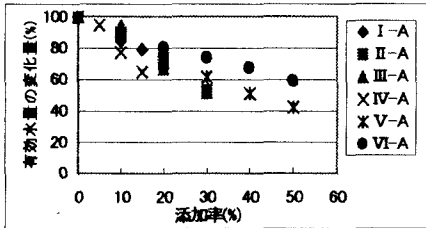


図-2 添加率と有効水量の変化量

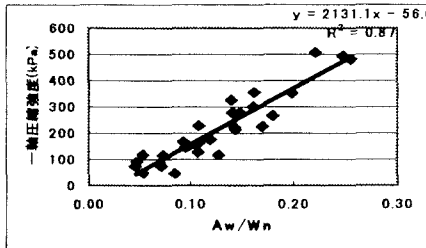


図-3 (添加材/水)比と一軸圧縮強度

表-3 定数 a, b と物理・化学特性との単相関係数

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	A.M	有機物	Wn	Wc	Wa	L.L	P.L	IL	Ip
a	0.45	0.66	-0.08	0.68	-0.90	-0.77	-0.77	-0.71	-0.78	-0.80	0.55	-0.63
b	-0.41	-0.52	-0.11	-0.59	0.74	0.58	0.58	0.49	0.65	0.65	-0.84	0.61

4. まとめ

- ①固化材成分の SO₃ の含有率の違いにより、改良効果は変わると考えられる。
- ②火山灰質粘性土の強度式の定数 c は 1.0 でよく、コンクリートの強度式と同じ形で表わせる。
- ③定数 a はボゾラン反応と関係が深いので、有機物含有量に安定処理効果が左右され、また定数 b は未処理土の一軸圧縮強度と関係が深いので、液性指数と高い相関を示すと考えられる。

【参考文献】

1) 山内 豊聡 監修・土質工学九州支部編:「九州・沖縄の特殊土」pp.92~106,1983.
 2) 北園 芳人:「火山灰質粘性土の化学的安定処理に及ぼす含有水分の影響」, 第33回地盤工学研究発表会, pp.2307~2308,1998.
 3) 岩田 諭:「セメント系固化材を用いた火山灰質粘性土の安定処理に関する研究」, 平成11年度土木学会西部支部発表会, pp.584~585,2000.
 4) 宮崎 辰樹:「火山灰質粘性土の安定処理効果に関する研究」, 平成12年度土木学会西部支部発表会, pp.A370~371,2001.
 5) 斎藤 聡:「粘性土を対象にしたセメント改良土の強度式」, 竹中技術研究報告 No.55, pp.23~32, 1999.