

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

熊本大学工学部 学生員 ○岩田 諭
 同上 正 員 北園 芳人
 同上 正 員 林 泰弘

1. まえがき

日本は環太平洋造山帯に属しており数多くの火山を有するため、広範囲に火山灰起源の土が分布している。そのうち、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高含水比のため、攪乱による強度低下が顕著であるという特異性を持っている¹⁾。そのため、そのような土を現地材料として有効利用する場合、これらの土に化学的安定処理等を施す必要がある。一般に化学的安定処理の改良効果は一軸圧縮特性で評価されているが、盛土等の斜面安定を考える場合においては、設計定数が必要となってくる。現状では安定処理土の場合 ϕ_u を無視し c_u だけで評価しているが、安定処理土の ϕ_u が大きい場合 ϕ_u を考慮した評価が合理的であると考えられる。したがって、三軸圧縮試験により c_u 、 ϕ_u を確認することが必要であると考えられる。

2. 研究方法

まず、対象試料について物理特性の把握を行う。次に、火山灰質粘性土の化学的安定処理による改良効果を調べるため、未処理土およびセメント系固化材の添加率を変えた数種の安定処理土において、それぞれ養生日数を変えて一軸圧縮試験を行い、一軸圧縮強度を求め改良効果の確認を行う。また、粘性土を用いて盛土などを築造する場合においては、その施工中や施工直後の安定性が最も低いので、それに対応する試験条件として未処理土および安定処理土に対して、

表-1 試料の物理的性質

試 料			赤ぼく	黒ぼく
自然含水比	Wn	[%]	100.0	277.2
土粒子密度	ρ_s	[g/cm ³]	2.867	2.349
粘土分含有量	Wc	[%]	74.0	60.4
強熱減量	Wh	[%]	18.2	42.5
液性限界	WL	[%]	121.8	307.9
塑性限界	Wp	[%]	76.6	229.5
塑性指数	Ip	—	45.2	78.4
液性指数	IL	—	0.5	0.6
土質分類	—	—	VH ₂	VH ₂

非圧密非排水条件下(UU)で三軸圧縮試験を行い強度定数を算定する。最終的に、一軸圧縮試験と三軸圧縮試験から得ることができる一軸圧縮特性と三軸圧縮特性とを比較・検討することで、安定処理地盤の評価を行うことを目的としている。本研究の試料として用いた火山灰質粘性土は、熊本県上益城郡より採取した赤ぼくと熊本県阿蘇郡より採取した黒ぼくであり、その物理特性を表-1に示す。

3. 一軸圧縮特性

今回目標とした一軸圧縮強度は、現場におけるトラフィカビリティーを得るコーン指数 $q_c=8\sim12q_u^{2)}$ を考慮すると、一軸圧縮強度 $q_u\geq98.1\sim147.2\text{kPa}$ である。図-1、図-2に赤ぼくおよび黒ぼくにおける養生日

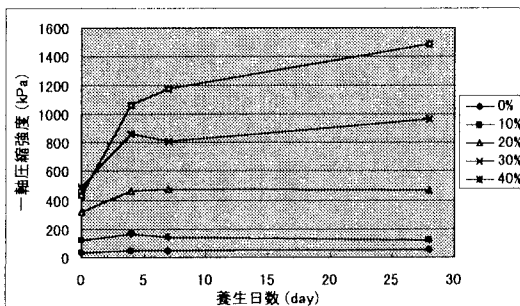


図-1 養生日数と一軸圧縮強度の関係(赤ぼく)

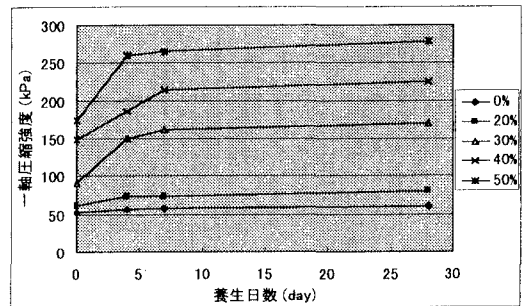


図-2 養生日数と一軸圧縮強度の関係(黒ぼく)

数と一軸圧縮強度との関係を示す。図-1 および図-2 によると、全体的に添加材の添加率の大小に関わらず締め固め当日から 4 日までの強度増加が顕著であり、養生日数 4 日以降の強度の増加はほとんどみられない。したがって、添加材の化学反応は、赤ぼくおよび黒ぼくとも養生日数 4 日までにほぼ終了して、強度の発現がある程度完了しているといえる。このことから、改良効果の検討は養生日数 7 日ならば十分であるといえる。また、目標強度を得ることのできる添加材の添加率は赤ぼくで約 10%以上、黒ぼくで約 30%以上である。

4. 三軸圧縮特性

赤ぼくおよび黒ぼくの三軸圧縮試験より求められた強度定数を表-2、表-3 に示す。赤ぼくについて、添加率 10%，養生日数 7 日での強度は、未処理土の 7 日養生に比べて粘着力で約 2.2 倍、内部摩擦角で約 2.8 倍ほど増加している。添加率 20%では約 3.1 倍、約 6.4 倍の増加が確認できた。また、黒ぼくにおいて、添加率 40%，養生日数 7 日での粘着力および内部摩擦角は、未処理土の 7 日養生に比べてそれぞれ約 2.1 倍、約 3.6 倍ほど増加している。添加率 50%では約 2.4 倍、約 4.6 倍の増加が確認できた。したがって、赤ぼく、黒ぼくともに化学的安定処理を施すことで、土が砂粒化を起こし内部摩擦角を生じさせ、セメンテーションが促進されることで粘着力も増加したものと考えられる。

表-2 三軸圧縮試験結果（赤ぼく）

		未処理土		安定処理土(10%)		安定処理土(20%)	
養生日数	[day]	0	7	0	7	0	7
粘着力 c_u	[kPa]	44.8	45.3	83.0	100.1	93.8	141.4
内部摩擦角 ϕ_u	[度]	3.04	5.46	14.20	15.17	31.53	34.86

表-3 三軸圧縮試験結果（黒ぼく）

		未処理土		安定処理土(40%)		安定処理土(50%)	
養生日数	[day]	0	7	0	7	0	7
粘着力 c_u	[kPa]	34.9	37.0	73.4	79.3	74.0	90.2
内部摩擦角 ϕ_u	[度]	4.42	4.88	12.83	17.79	20.21	22.47

5. 一軸および三軸圧縮特性の比較・検討

本研究では一軸圧縮試験によって確認できた改良効果と、三軸圧縮試験により算出された強度定数を用いて安定処理地盤の評価を行うことを目的としている。ここで、地盤の強度を検討するため、せん断抵抗力

表-4 せん断抵抗力による比較

土の種類		$\tau_f = q_u / 2$ [kPa]	$\tau_f = c_u + \sigma \tan \phi_u$ [kPa]	
			$\sigma = 100$ [kPa]	$\sigma = 150$ [kPa]
赤ぼく	安定処理(10%)	69.38	127.20	140.75
	安定処理(20%)	236.58	211.01	245.82
黒ぼく	安定処理(40%)	107.08	111.37	127.40
	安定処理(50%)	132.83	131.54	152.21

$\tau = c + \sigma \tan \phi$ を用いた。一軸圧縮特性($c_u = q_u / 2, \phi_u = 0$)で評価する場合の τ_f と、三軸圧縮特性(ϕ_u を考慮)で評価する場合の τ_f の比較を表-4 に示す。ここで τ_f を求めるのに必要な σ についてであるが、山間部の道路では 10m 以上の高盛土となることもあるので、 $\sigma = 100, 150$ (kPa) と仮定した。両者の τ_f による比較を表-4 に示す。表-4 によると、赤ぼくにおける τ_f について、 $\sigma = 100$ (kPa) で添加率 10% のものは三軸結果の方が大きな値であるが、添加率 20% のものは一軸結果の方が大きな値である。 $\sigma = 150$ (kPa) ではすべてのものについて三軸結果の方が大きくなっている。黒ぼくについても、添加率 40% のものは三軸結果の方が大きな値であるが、添加率 50% のものは一軸結果の方が大きな値である。 $\sigma = 150$ (kPa) ではすべてのものについて三軸結果の方が大きくなった。したがって、化学的安定処理を施すことで ϕ_u は増加し σ に影響を及ぼすので、安定処理地盤の評価を行う場合には、 ϕ_u を考慮した方が合理的であると考えられる。

6. まとめ

本研究では一軸圧縮試験、三軸圧縮試験によって、化学的安定処理における改良効果を確認することができた。応力の大きな範囲では、三軸圧縮特性(ϕ_u を考慮)で安定処理地盤を評価した方が合理的であると考えられる。また、応力の小さな範囲では、セメント系固化材の添加率が大きく、強度が大きくなると、一軸圧縮特性($\phi_u = 0$)で評価した方が安全側の設計になる。

【参考文献】

1) 山内豊聡監修・土質工学会九州支部編：「九州・沖縄の特殊土」、pp.96-97。
2) 土質工学会：「日本の特殊土」、p.54、昭和 52 年