

安定処理した火山灰質粘性土の三軸圧縮特性に関する研究

熊本大学工学部 学生員 ○余田 善紀
 熊本大学大学院 学生員 山口 真

熊本大学工学部 正会員 北園 芳人
 熊本大学工学部 学生員 宮崎 辰樹

1 はじめに

火山灰質粘性土は高含水比で強度が小さく、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。そのような強度不足の土を有効利用するためには、化学的安定処理を施して用いることがある。一般に、安定処理土の強度特性は、一軸圧縮特性 ($C_u = q_u/2$) により評価されている。しかし、過去の研究¹⁾ によって安定処理土においても、せん断抵抗角 (ϕ_u) の存在が認められた。ゆえに、安定処理地盤の安定解析に際しては、安定処理土の強度及び変形特性に対するせん断抵抗角寄与が大きい場合は、三軸圧縮特性 (C_u 、 ϕ_u 等) を用いたほうが合理的だと考えられるので、安定処理土においても三軸圧縮特性を把握しておく必要である。

2 試料と試験方法

本研究では、熊本県南小国町において採取した赤ぼく(試料①)、同県産山村において採取した赤ぼく(試料②)・黒ぼく(試料③)を用いた。それぞれの物理特性は表-1のとおりである。本研究では、セメント系固化材添加率(0~50%)、養生日数(0~28日)の条件を変えて一軸圧縮試験を行い、火山灰質粘性土に対する安定処理効果を確認した。そして、三軸圧縮試験における養生日数を0、7日とし、固化材の添加率は一軸圧縮試験と同様とした。なお、拘束圧を50kPa~250kPaに設定し、排水条件については非圧密非排水条件とした。

表-1 実験に用いた試料の物理特性

試料	試料①	試料②	試料③
自然含水比 [%]	107.4	92.7	201.2
土粒子密度 [g/cm^3]	2.82	2.87	2.50
有機物含有量 [%]	1.7	1.2	23.3
液性限界 [%]	120.0	98.3	232.1
塑性限界 [%]	86.9	76.3	189.3
塑性指数	33.1	22.0	42.8
液性指数	0.62	0.75	0.28
土質分類	VH ₂	VH ₂	OV

3 実験結果と考察

3.1 一軸圧縮試験

固化材添加率を試料①(0、5、10、15%)、試料②(0、10、15、20%)、試料③(0、30、40、50%)それぞれに設定し、養生日数(0、3、7、28日)は統一した。固化材添加率については、建設機械の走行に必要なトラフカビリティ(一軸圧縮強度>150kPa)を確保できるようにそれぞれ設定した。実際の盛土現場では早期強度が必要とされること及び、固化材の強度発現が7日養生でほぼ完了する²⁾ことを考慮し、養生日数を決定した。

図-1は試料①の養生日数と一軸圧縮強度の関係を示したものである。固化材の添加による強度発現は養生後7日でほぼ完了する。固化材添加率の増加に伴い一軸圧縮強度の増加が見られ、7日養生で評価すると、未改良土では50kPa程度の軟弱粘土も、10%以上の添加率で、150kPa以上の強度発現が見られた。また、試料②、試料③においても同様の傾向が見られ、固化材添加率がそれぞれ20%、30%以上において150kPa以上の強度を発現した。

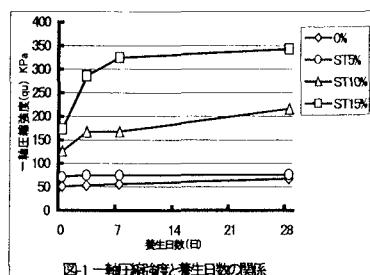


図-1 一軸圧縮強度と養生日数の関係

3.2 三軸圧縮試験

図-2は試料①の固化材添加率とせん断抵抗角の関係を示したものであるが、せん断抵抗角の増加は養生日数には依存せず、主に固化材添加率に関係していることがわかる。これは、固化材の添加による含水比の低下および結晶鉱物のエトリンガイトが形成される³⁾等の物性の改善によるものだと考えられる。また、図-3は試料①の固化材添加率と粘着力の関係を示したものである。粘着力の増加も固化材添加率に起因するが、養生に伴う粘着力増加がみられる。これより、粘着力の増加は、安定処理後の水和反応によるセメンチ

ーションが進む固化効果に起因すると考えられる。

図-4 は試料①の三軸圧縮試験による変形係数 (E_{50}) と最大主応力差の関係を示したもので、図-5 は変形係数 (E_i) と最大主応力差の関係を示したものである。図-4 と図-5 を比較すると、 E_{50} および E_i ともに、

固化材添加率の小さな低強度領域においては、拘束圧による変形係数のばらつきはほとんどみられないが、固材添加率の大きな高強度領域においては、 E_{50} 、 E_i ともにばらつきが大きくなっている。これは、固化材添加率の低い安定処理土が外力を受ける時は、進行性破壊の形式をとるため、拘束圧による影響をあまり受けずに、徐々に強度を発揮し大きなひずみで破壊に至るため、拘束圧に依存しない変形係数が算出される。しかし、固化材添加率の高い安定処理土は内部構造がセメンテーションの発達より、安定処理土の強度に比べて拘束圧が小さな条件のもとでは、外力を受けて破壊に至るまでの挙動が脆性的になる。そのため、小さなひずみで大きな強度を発揮するため、大きな変形係数を示す。しかし、拘束圧が大きくなると、せん断抵抗角の働きにより相対的に進行性破壊へと移行する。このため、拘束圧の増大により変形係数が小さくなると考えられる。拘束圧による変形係数のばらつきの度合いに関しては、 E_i のほうが E_{50} よりもばらつきが小さく、土に固有な変形特性を評価する際には適当だとかんがえられる。

一般に、地盤安定解析を行う際には、土の固有の性質を現すために強度定数 (C_u 、 ϕ_u) および変形特性が必要とされる。このため、安定処理土を対象とした小さなひずみレベルでの変形解析においては、 E_{50} よりも E_i を用いて変形係数を評価する方が、実際の現象に適しているといえる。また、必要に応じて、地盤条件に合った拘束圧に準じた変形係数を用いた方がより効率的だと考えられる。

4章 まとめ

- 1) 本研究で用いた安定処理土の強度発現は早期にほぼ終了し、安定処理土の強度の評価に際しては7日強度でほぼ評価できる。
- 2) 固化材添加率の大きな安定処理土では、せん断抵抗角が大きくなり、強度特性を評価する際にはこれを考慮する方が効率的である。
- 3) 安定処理土の粘着力の増加は主に水和反応によるものだと考えられる。
- 4) 安定処理土のせん断抵抗角の増加は、含水比の低下など物性の改善が要因だと考えられる。
- 5) 安定処理土の変形係数は、 E_{50} 、 E_i ともに拘束圧による影響を受けるが、 E_i を用いた方が拘束圧による影響が小さい。
- 6) 拘束圧の作用する条件下における安定処理地盤の安定解析においては、一軸圧縮強度ではなく、三軸圧縮特性 (C_u 、 ϕ_u 、 E_i) を用いて行うのが効率的である。

参考文献

- 1), 2) 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』pp.9~12, pp.6
- 3) セメント協会編:セメント系固化材による地盤改良マニュアル(第二版) pp.17~48

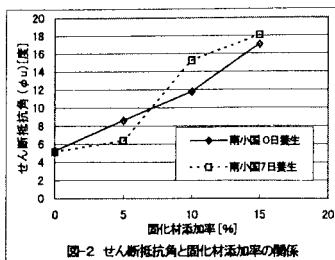


図-2 せん断抵抗角と固化材添加率の関係

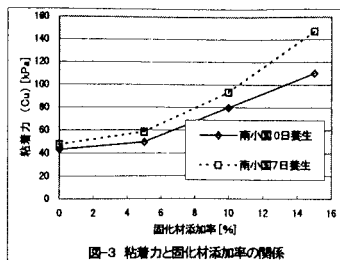


図-3 粘着力と固化材添加率の関係

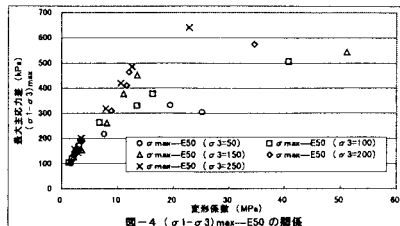


図-4 ($\sigma_1 - \sigma_3$)max-E50 の関係

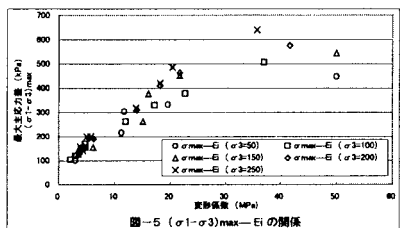


図-5 ($\sigma_1 - \sigma_3$)max-Ei の関係