

一般廃棄物焼却灰のせん断特性に及ぼす地盤環境の影響

福岡大学工学部 学生員○本村 明教 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一
 福岡大学大学院 学生員 松村 耕平 福岡大学工学部 正会員 島岡 隆行
 福岡大学工学部 正会員 花嶋 正孝 福岡大学工学部 正会員 吉田 信夫

1.はじめに

現在、最終処分場の残余容量が減少していることや処分場の新規建設が困難であること等を考慮すると、今後、焼却灰の土木資材としての有効利用はもちろん、処分場の高度跡地利用の方策を考えなければならない。一般廃棄物焼却灰は、その中に含まれるカルシウム化合物の存在と焼却灰地盤内の環境によって、土質力学特性が変化¹⁾することが考えられる。そこで、本研究では焼却灰地盤が将来受ける環境に着目し、3種類の養生方法にて一定期間養生させた供試体を用い、一軸圧縮試験及び圧密排水三軸試験を行った結果について報告する。

2.試料及び実験概要

実験では、A市の焼却場から排出された焼却灰を物理選別法によって分集した2mmふるい通過試料を用いた。表-1には試料の物理特性、表-2には供試体作成時の条件を示す(ここで、縮固め度 $D = \rho_d / \rho_{dmax}$ と定義する)。粒度試験の結果2mm以下焼却灰は、粒度分布により、砂質土に分類される。供試体は、直径約5cm、高さ約10cmの塩ビ製円筒モールドに縮固め度 $D=0.9$ ($\rho_d=1.11 \text{ g/cm}^3$) になるように含水比32%に調整された試料を3層縮固め方法により作成した。この供試体を暴露、気中、水浸養生の3種類で養生を行った。各養生は、モールドに試料を入れたままの状態で行った。暴露養生は、試料が流失しないように留意し、日光、風雨などの影響を受ける屋外で養生を行った。気中養生は、モールドの両端をラップで密封し、恒温恒湿室(室温20℃、湿度50%)に設置した養生箱において行っており、初期含水比32%がほぼ保たれている。水浸養生は、作成後24時間気中養生し、モールドの上、下部にろ紙を敷き、穴の開いたキャップをして試料の流出を押さえた後、水温一定(20℃)の養生箱に沈めて行った。水浸養生の供試体については、余分な水を切るため試験前日にモールドを取り出し、24時間気中で放置したものをを用いた。実験は各養生方法にて一定期間(14、28、56日)養生した供試体について一軸圧縮試験及び排水三軸圧縮試験を行い、地盤環境の違いがせん断特性に及ぼす影響を調べた。排水三軸圧縮試験はひずみ速度一定(0.1%/min)状態で載荷を行い、拘束圧 σ'_c を49、98、294kPa下で実験を行った。

表-1 焼却灰の物理特性

	2mm以下	13mm以下
G(g/cm ³)	2.57	2.24
均等係数 U _s	4.88	19.75
曲率係数 U _c	1.91	1.69
ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.24	1.41
最適含水比 w _{opt}	33.3	22.1

表-2 供試体作成条件

含水比 (%)	32
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.11
縮固め度 D	0.9
養生方法	暴露、気中、水浸
養生日数 (日)	14、28、56

3.実験結果および考察

3-1 一軸圧縮試験

図-1に養生日数56日における一軸圧縮試験結果を示す。また、比較のために養生していない供試体の試験結果についても併記している。この図より養生方法の違いにより、焼却灰内に固結力が生じていることがわかる。水中養生は養生していないものよりピーク強度は小さくなっていた。ピーク強度時の圧縮ひずみは水浸、気中、暴露養生の順に小さくなる傾向にあり、暴露養生の剛性が大きいことがわかる。このことから養生方法の違いにより、固結力の発生が異なっていることがわかる。

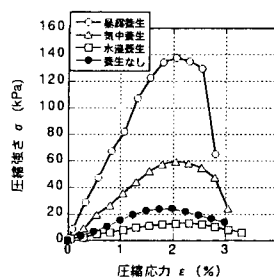


図-1 応力-ひずみ曲線

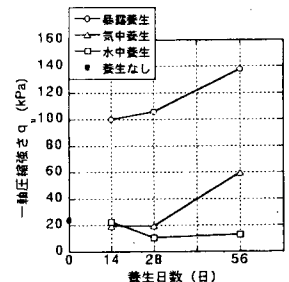


図-2 q₀と養生日数の関係

図-2は一軸圧縮強さと養生日数の関係を示したものである。この結果から、経時的に固結効果が供試体に生じていると考えられる。気中養生と暴露養生では強度の増加に同様な傾向があり、28日から56日の間で強度増加は顕著である。一方、水浸養生については固結効果はほとんど見られなかった。暴露養生に固結効果が現れた理由は、含水比の減少により焼却灰の水硬性が発揮されたと考えられる。表-3に各養生後の供試体の平均含水比を示す。

表-3 各養生後の供試体の平均含水比

	養生後の平均含水比 (%)		
	14日養生	28日養生	56日養生
暴露養生	17.60	22.71	13.13
気中養生	32.16	32.06	28.76
水浸養生	45.50	47.40	45.10

3-2 排水三軸圧縮試験

図-3、4はそれぞれ拘束圧 $\sigma'_c=49\text{kPa}$ 、 294kPa における各々の養生方法ごとの軸差応力と軸ひずみ、体積ひずみと軸ひずみ関係である。拘束圧 $\sigma'_c=49\text{kPa}$ では各養生とも養生日数の経過とともにピーク時の軸差応力は増加していることがわかる。こ

って供試体は、せん断に伴う膨張傾向が強くなり、正のダイレイタンスを示している。これは、養生日数の経過によって供試体に固結力が生じたことが原因であると思われる。一方、 $\sigma'_c = 294\text{kPa}$ の結果を見ると、いずれの養生方法によっても養生日数の増加に伴ってわずかな強度増加を示すものの、15%の軸ひずみを受けても明瞭なピークを示さず、同じ強度を示している。また、体積ひずみにおいても、条件に関係なくせん断に伴って6%を超える収縮一方の挙動を示している。これは拘束圧の増加に伴って、養生によって生じた固結力が消失することを示している。また、焼却灰が圧縮性材料であることも示唆される。次に各養生方法の違いがせん断特性に及ぼす影響を知るために拘束圧の影響を考慮し、 $\sigma'_c = 49\text{kPa}$ の結果について図5に示す。

これらの図から屋外に放置され、含水比の変化を最も受けた暴露養生の供試体が養生に伴う強度発現が大きく、せん断に伴って膨張を示すことが分かる。これに対し、含水比の変動が少ない気中、水浸養生の供試体はほぼ同様の挙動を示す。しかし、体積ひずみに固結力の違いが現れ、気中養生の方が日数の経過に伴い、膨張傾向が強くなっている。また、いずれの条件下においても

残留強度は固結効果の影響は見られず、ほぼ同じである。図6に暴露養生における最大軸差応力比を示した時に動員される内部摩擦角 ϕ'_m と拘束圧 σ'_c の関係を示す。いずれの養生日数の場合においても拘束圧の増加に伴って内部摩擦角が小さくなっており、焼却灰が拘束圧の影響を受けやすい材料であることが示された。

4. まとめ

- (1) 一軸圧縮強度は、暴露、気中養生において、養生日数と共に強度増加を示しており、養生方法の違いによって、経時的な固結力の発生が異なることが分かった。また、含水比の変化が固結力に影響を及ぼすことも示された。
- (2) 養生方法の違いによる排水せん断特性に及ぼす影響は、暴露養生の場合が最もせん断強度が大きく、強度発現が早いものに対し、気中養生と水浸養生の場合では養生方法の違いによる強度特性はそれほど顕著な差が見られなかった。また、排水せん断試験の結果、養生に伴う固結力の発生はせん断時の体積変化特性の膨張傾向として現れた。また、せん断特性に影響を及ぼす固結力は拘束圧の増加によって消失することが明らかになった。
- (3) 焼却灰の排水せん断強度は、養生方法、養生日数に関わらず拘束圧に大きく依存することが明らかになった。

本研究は平成12年度文部省化学研究費助成金(基礎研究(c)(2)課題番号:12650501)、(財)前田記念工学振興財団研究助成金をもとに実施したものであり、ここに感謝の意を表します。また、本研究を行うにあたりご協力頂いた地方自治体の方々、栗田工業(株)の平尾孝典氏ごより感謝いたします。

[参考文献] 1) 今泉 繁良, 土居 洋一, 山田 充彦:「一般廃棄物焼却灰の土質特性の経時変化」, 土木学会論文集No.659III-52, pp.103~112, 2000.9.

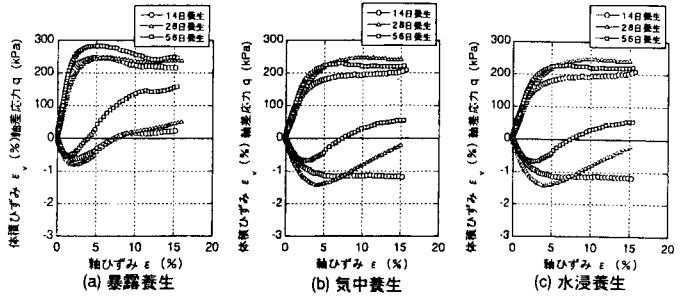


図-3 軸差応力および体積ひずみと軸ひずみの関係 ($\sigma'_c = 49\text{kPa}$)

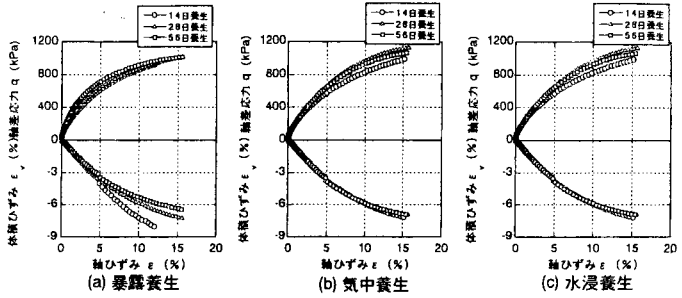


図-4 軸差応力および体積ひずみと軸ひずみの関係 ($\sigma'_c = 294\text{kPa}$)

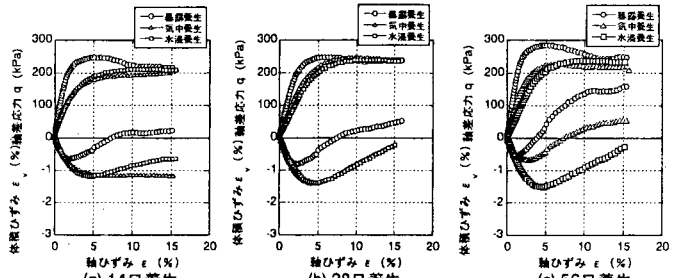


図-5 軸差応力および体積ひずみと軸ひずみの関係 ($\sigma'_c = 49\text{kPa}$)

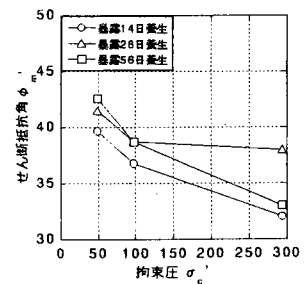


図-6 内部摩擦角 ϕ'_m と拘束圧 σ'_c の関係

せん断に伴う固結力の発生はせん断時の体積変化特性の膨張傾向として現れた。また、せん断特性に影響を及ぼす固結力は拘束圧の増加によって消失することが明らかになった。