

一般廃棄物焼却灰の地盤材料特性

福岡大学工学部 学生会員 ○中村公亮

福岡大学工学部 正 会 員 佐藤研一 山田正太郎 藤川拓朗

1 はじめに 循環型社会の構築が目標とされる中、現在最終処分場で廃棄されている一般廃棄物焼却灰の有効利用は、今後必要不可欠な課題となることが考えられる。欧米諸国では焼却灰に無害化処理を施した後、建設材料として有効利用しており、我が国においても焼却灰を建設材料等として有効利用されることが期待されている。そこで本研究では、焼却灰のせん断特性について一面せん断、三軸試験から解明し、特に焼却灰の粒径がせん断特性に及ぼす影響について検討を行った。また、焼却灰の自硬性について任意の養生条件で養生させた後、コーン貫入試験によって力学特性を調べた結果について報告する。

2 実験概要

表-1 各焼却灰の物理特性

2-1 実験に用いた試料 本研究ではF市にある清掃工場で8月と10月に採取した一般廃棄物焼却灰を、13mm以下に粒度調整したものを用いた。表-1に実験に用いた試料の物理特性を示す。

試料名	粒子密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	細粒分含有率 $F_c(\%)$	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$	最適含水比 $w_{opt}(\%)$
8月採取焼却灰	2.518	14.5	1.194	37.1
10月採取焼却灰	2.474	9.4	1.391	27.7

ここで灰粒子の密度は真空脱気法³⁾を採用している。図-1に各焼却灰の粒径加積曲線を示す。8月採取焼却灰は細粒分含有率14.5%と10月採取焼却灰と比べ5%程度大きい値を示した。図-2に各焼却灰の締固め曲線を示す。締固め試験はA-b法によって行った。

2-2 一面せん断試験 本研究では、粒径の大きな焼却灰のせん断特性の検討のために中型一面せん断試験装置を用いた。この試験機はせん断箱の寸法が直径20cm、高さ7cmと従来の一面せん断試験機に比べ大きく、粒径が大きいという焼却灰の特性を考慮した設計となっている。実験では反力荷重一定圧法を採用し、せん断速度0.3mm/min.で行った。また、焼却灰供試体の初期密度の管理は締固め度 $D(=\rho_d/\rho_{dmax})$ を採用した。供試体は最適含水比に調整した試料を、2.5kgランマーを用いて3層に分け、突き固めて作成した。この際、 $D=0.9$ となるように突き固めた。2試料とも上載荷重50、100、150kPaの一定圧力条件で行い、焼却灰の発生時期の違いがせん断特性に及ぼす影響について検討を行った。

2-3 三軸試験 実験では粒径の小さい2mm以下の焼却灰に対し、排水三軸圧縮試験を行った。供試体は直径約7.5cm、高さ約16.5cmで単調排水せん断試験を行った。供試体は最適含水比に調整した試料を、3層に分けて突き固めて作成した。この際、供試体の密度は $D=0.7$ となるように突き固めた。拘束圧50、100、150kPaの条件で行った。試料は8月採取焼却灰を用いた。

2-4 コーン貫入試験 焼却灰の自硬性が力学特性に及ぼす影響を調べるため、一定期間養生した供試体を用いて、コーン貫入試験を行った。供試体は最適含水比に調整した焼却灰を2.5kgランマーを用いて、1層を25回で締固め、計3層で作製した。供試体の養生条件は、気中養生(室温20℃一定に保った室内に設置)、水中(真水)養生(恒温恒湿室の養生箱にて浸水)、海水中養生(恒温恒湿室の養生箱にて浸水)、曝露養生(屋上にて養生)の4種類を行った。養生日数は7、14、21、28、35、42、49、56日間の養生をそれぞれ行った。

キーワード 一般廃棄物焼却灰、せん断特性、コーン貫入特性、自硬性

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学 TEL092-871-6631

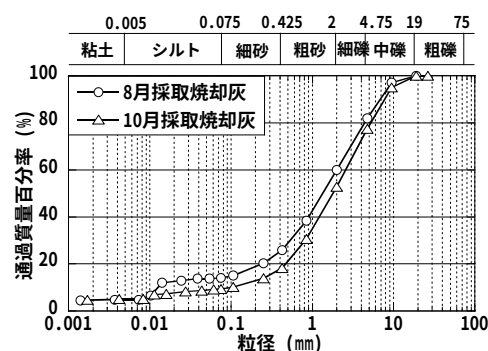


図-1 各焼却灰の粒径加積曲線

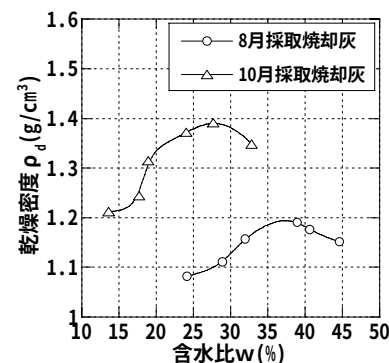


図-2 各焼却灰の締固め曲線

3 焼却灰のせん断特性

3-1 締固めた焼却灰

図-3、4に10月採取焼却灰の一面せん断試験結果を示す。締固めた焼却灰のせん断特性は載荷圧力の増加に伴って、明確なピークが生じなくなっており、載荷圧力 100kPa、150kPa の場合においては 20mm のせん断変位においてもピークを示さず、残留強度に至っている。体積ひずみも載荷圧力の増加に伴って、膨張傾向が小さくなっていることが分かる。これは供試体密度が密な状態であることから、載荷圧力の増加に伴い、せん断中に粒子破碎等の影響が生じたと考えられる。また、せん断強度定数は密な条件で求められた豊浦砂の強度定数と比較すると、内部摩擦角 ϕ が 4° 、粘着力 c が 50kPa 程度大きい値を示していることが分かる。

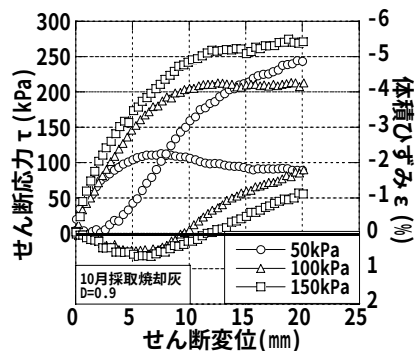


図-3 一面せん断試験結果

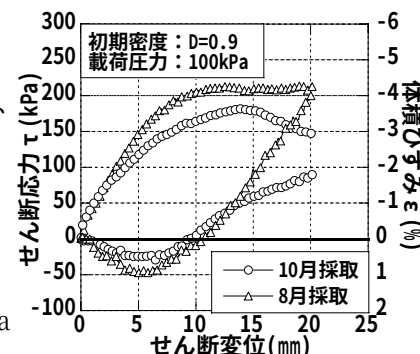


図-5 一面せん断試験結果

3-2 発生時期の違いの影響

図-5に $\sigma_v = 100\text{kPa}$ における一面せん断試験結果、図-6に最大せん断応力 $\tau_{\max}$ と垂直応力 σ_v の関係を示す。細粒分含有率の多い8月採取焼却灰は10月のものと比較して、細粒分含有率が大きくかつ、供試体密度が小さいため、わずかながらせん断強度が小さく、収縮量もわずかながら大きいことがわかる。また、せん断結果から得られるせん断強度定数の粘着力成分に細粒分の影響が現れている。

3-3 三軸試験結果

図-7、図-8に排水単調せん断試験結果を示す。ここで図-8は軸ひずみ $\epsilon_a = 10\%$ における軸差応力による結果である。一面せん断試験に用いた供試体と比べ、 $D=0.7$ ($\gamma_d=0.84\text{g/cm}^3$) とかなりゆる詰めな供試体のため、軸差応力は明確なピークを示さなかった。また、体積ひずみもせん断と共に大きな収縮傾向を示し、緩い砂に似た挙動を示した。

強度定数は一面せん断試験の結果と比べ、粘着力 c 、内部摩擦角 ϕ 共に小さな値を示した。しかし、土質材料として十分な強度定数を示している事が分かる。

4 自硬性を考慮したコーン貫入試験結果

図-9にコーン貫入値と養生日数の関係を示す。試料は10月採取焼却灰を用いた。気中養生の供試体が最も強度増加率が大きく、いずれの養生条件においても、養生日数の経過に伴って、コーン貫入値が増加している。これは焼却灰中のCa等の影響による固結力の発生に起因しているものと考えられる。

5 まとめ

①一面せん断試験の結果から、焼却灰のせん断特性は細粒分の影響を受ける。②三軸試験の結果から、緩く詰めた焼却灰はピーク強度を示さず、大きな収縮傾向を示す、灰の特徴的な挙動を示した。③コーン貫入試験から、どのような条件でも一定時期に至ると自硬性を発現し、強度増加を示す事が明らかになった。

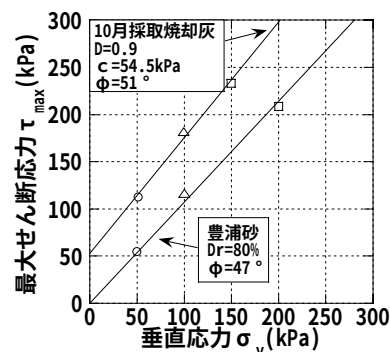


図-4 $\tau_{\max}$ と σ_v の関係

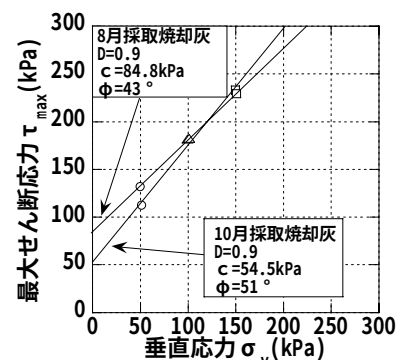


図-6 $\tau_{\max}$ と σ_v の関係

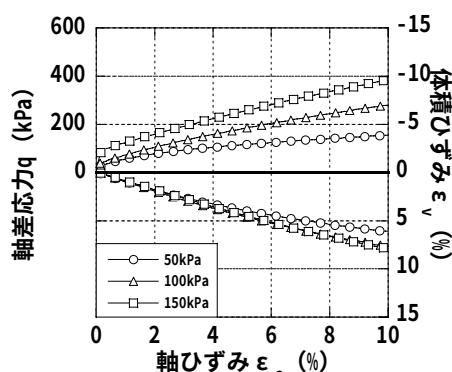


図-7 排水せん断試験結果

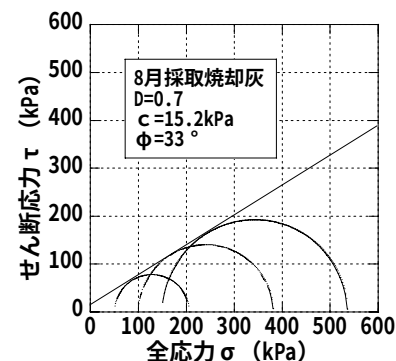


図-8 モールの応力円

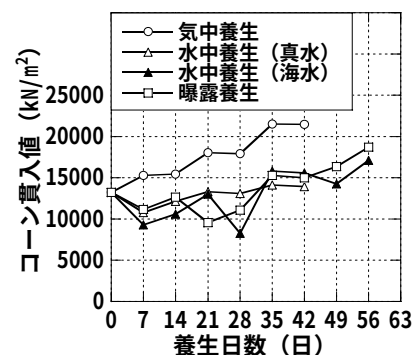


図-9 コーン試験結果