

海面埋立てを想定した焼却灰の沈降・圧密特性および透水特性

福岡大学工学部 学生員 ○古谷友希

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 現在、一般廃棄物は年間約 5000 万 t 排出されており、そのうち約 78.1%(平成 15 年度)が直接焼却され¹⁾ 焼却灰の大部分が埋め立て処分されている。埋め立て処分を行うにあたって、焼却灰地盤の沈下挙動などの力学特性は未解明な部分が多い。そこで本研究では、焼却灰の水中投入時の沈降特性、ならびに沈降堆積した焼却灰地盤の圧密特性について調べた。また、埋め立てられた焼却灰の跡地利用では環境への影響が問題視されるが、汚染物質の地盤内の挙動を調べる際に透水特性を把握しておくことが重要になってくる。本研究では水中投入された焼却灰地盤の透水特性についても調べた。

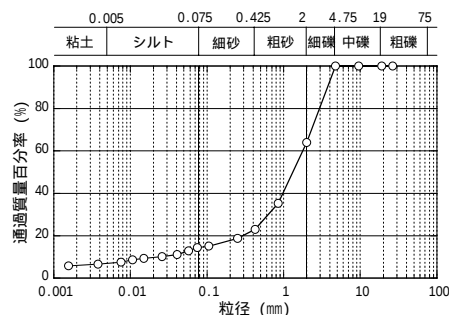


図-1 粒径加積曲線

2. 実験に用いた焼却灰 実験には F 市で採取した焼却灰を 4.75mm 以下にふるい分けして使用した。焼却灰の粒子密度は $\rho_s = 2.455 \text{ g/cm}^3$ である。図-1 に焼却灰の粒径加積曲線を示す。均等粒径は $U_c = 59.4$ で、粒径幅が広い。また、細粒分含有率は $F_c = 14.4\%$ で、細粒分を多く含んでいる。

3. 焼却灰の沈降特性 焼却灰の沈降特性を調べるために、高さ 30cm のメスシリンダーを用いて沈降試験を行った。初期含水比は 200, 400, 800, 1600%とした。写真-1 に含水比 400%の場合の沈降終了時の状況を示す。焼却灰は明確に分級して堆積することが分かる。このような分級は、初期含水比が高いものほど明確に見られた。実際の焼却灰埋め立て地盤は、細粒分からなる層と粗粒分からなる層が何層も堆積した互層地盤になると予測される。図-2 に地表面の、図-3 に細粒分と粗粒分の境界面の時間～沈下関係を示す。粗粒分の沈降はほぼ瞬間的に終わっているのが分かる。含水比が低くなるほど自重圧密が終了するまでの時間は長くなるが、一方で含水比 200%の場合でも 100 分程度で沈降がほぼ収束している。焼却灰の沈降は比較的早いと言える。



写真-1 分級の様子 (初期含水比 400%)

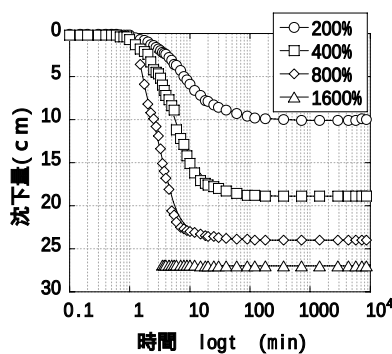


図-2 沈降試験結果(地表面)

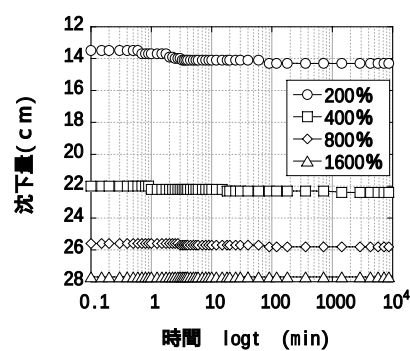


図-3 沈降試験結果(境界面)

4. 焼却灰の圧縮・透水特性に与える粒径の影響

沈降試験により、焼却灰は分級して堆積することが分かった。次に、分級して堆積した地盤の沈降特性と圧縮特性を調べるために、粒径毎に透水試験と圧縮試験を行った。透水試験の結果を図-4 と表-1 に示す。当然のことながら、粒径が小さくなるほど透水係数が小さくなる。粒径が 0.85mm 以下になると透水係数は分級していない状態の透水係数を下回る。0.250 ~ 0.106mm の試料に至っては、分級していない状態に比べ 2 オーダーも透水係数が低下し

沈降試験により、焼却灰は分級して堆積することが分

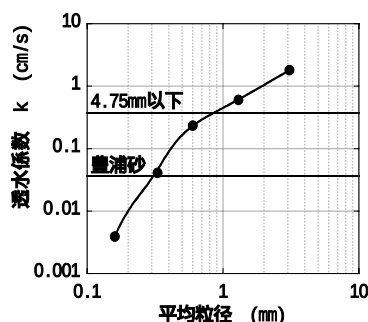


図-4 平均粒径と透水係数の関係

表-1 透水試験結果

粒径 (mm)	透水係数 (cm/s)
4.75以下	3.90×10^{-1}
4.75 ~ 2.00	1.81×10^0
2.00 ~ 0.850	6.08×10^{-1}
0.850 ~ 0.425	2.33×10^{-1}
0.425 ~ 0.250	4.10×10^{-2}
0.250 ~ 0.106	3.91×10^{-3}
豊浦砂	3.56×10^{-1}

ている。分級が生じることで、細粒分からなる層が地盤の鉛直方向の透水係数を低下させる恐れがあるといえる。圧縮試験の結果を図-5と表-2に示す。圧縮指数 C_c は 0.5 ~ 0.9 と大きく、いずれの粒径であっても圧縮性が高いといえる。焼却灰は、一般に圧縮性が高い一方で、透水性は良いため、荷重載荷時に沈下量こそ問題になるものの、沈下時間はそれほど問題にならないように思われる。しかし、堆積時に明確な分級が生じると、圧縮性の高さはそのままに、細粒分からなる層が著しく透水性を低下させるため、沈下量のみならず沈下時間も問題になる可能性がある。

5. 焼却灰の透水特性に与える分級の影響

5-1. 円筒土槽実験装置 図-6 に円筒土槽実験装置の概略図を示す。この円筒土槽は直径 19cm、高さ 25cm のアクリル製の円筒管を 8 個積み上げたもので、全体の高さは 200cm である。底部にはポーラスストーンを介して越流層が連結されており、地盤底部の水位を変化させることにより定水位透水試験ができる。各円筒管の側面にはコックが取り付けられており、地盤内の水を採液することもできる。

5-2. 実験条件 分級が地盤の鉛直方向の透水性に与える影響について調べるために、図-7 に示す二種類の方法で地盤を作成し、その後透水試験を行った。一つの方法では、分級を生じさせるために、含水比を 80% に調整した焼却灰 27kg を、土槽上部から 1 時間置きに三回に分けて投入して地盤を作成した(図-7, (a))。もう一方の方法では、分級が生じないように予め水のない状態で焼却灰を堆積させておき、地盤底部から水を浸透させて地盤を作成した(図-7, (b))。定水位透水試験時の円筒土槽内と越流槽の水頭差は 30cm とした。

5-3. 分級の影響 まず、水中投入した場合の堆積状況を写真-2 に示す。多段階に分けて水中投入した場合は、細粒分と粗粒分からなる互層地盤が形成されることが確認できる。次に、分級の有無による地盤全体の鉛直方向の透水係数を表-3 に示す。分級が生じるものについては投入する毎に計った透水係数を示す。分級が生じることによって地盤全体の鉛直方向の透水係数が 1 オーダー程度低下することが分かる。焼却灰埋立地盤内の汚染物質の移動などを考える際には、鉛直方向と水平方向の透水係数の違いを考慮に入れる必要となってくる。なお、分級が生じる地盤の投入回数ごとに値を比べてみると、層厚が増しても透水係数にはほとんど影響が及ばなかった。

6. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 焼却灰は粒径幅が広く細粒分を多く含むため、沈降時に明確な分級を示す。
- (2) 粒径毎に調べた焼却灰の圧縮指数 C_c は 0.5 ~ 0.9 程度の値を示した。焼却灰の圧縮性は粒径によらず高いといえる。
- (3) 分級が生じることにより細粒分からなる層では著しく透水係数が低下し、地盤全体の鉛直方向の透水係数が分級させない場合に比べておよそ 1 オーダー低下する。

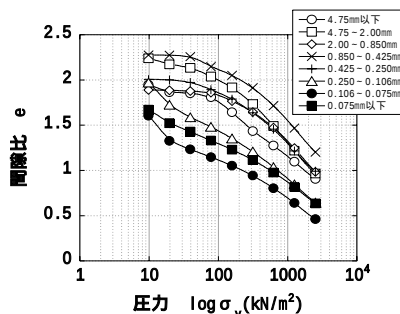


図-5 圧密試験結果

表-2 粒径別圧縮指数 C_c

粒径 (mm)	圧縮指数 C_c
4.75以下	0.65
4.75 ~ 2.00	0.85
2.00 ~ 0.850	0.75
0.850 ~ 0.425	0.8
0.425 ~ 0.250	0.75
0.250 ~ 0.106	0.7
0.106 ~ 0.075	0.6
0.075以下	0.55

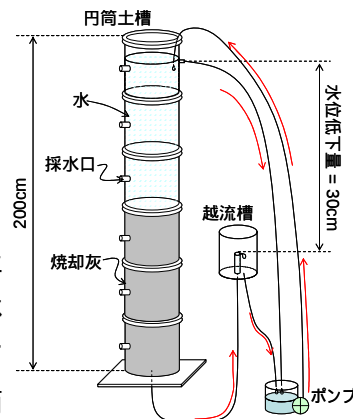


図-6 実験装置

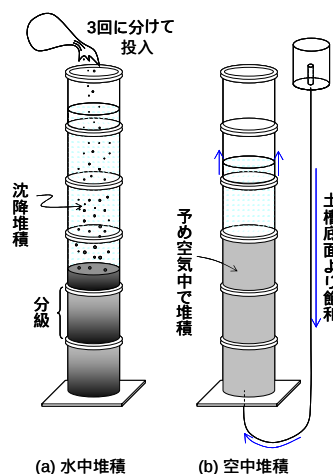


図-7 地盤作成方法



写真-2 水中投入した場合の堆積状況

表-3 鉛直方向の透水係数

投入方法	投入回数	透水係数 (cm/s)
空中堆積	—	2.03×10^{-2}
水中堆積	1回目	3.31×10^{-3}
	2回目	3.71×10^{-3}
	3回目	3.06×10^{-3}