

海面埋立て都市ゴミ焼却灰地盤の液状化特性

福岡大学工学部 学生会員 ○麻生茂樹

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 処分場の不足から、大阪湾フェニックスのように廃棄物を大量に海面埋立てした土地を活用して、港湾機能の整備を図るような広域処理場整備事業が増えてくることが予想される。しかし、海面埋立て処分された廃棄物は、海面下ではほぼ飽和状態にあり、海面投棄により焼却灰が比較的緩く堆積しながら地盤が形成されていると考えられる。そこで本研究では、海面埋立て処分場を想定した供試体作製を行い、比較的緩く堆積した焼却灰地盤の液状化特性を明らかにすることを目的とする。また、焼却灰中には、多くの炭酸カルシウム成分が含まれているので、水硬性反応が時間とともに進行することが予測される。そのため、処分場をモデル化したシミュレーション装置を用いて、経時的に発生する固結力の影響について非排水繰返し三軸試験の結果より考察する。

2.実験概要

2-1 実験試料 実験には、焼却方式としてストーカ炉を採用しているF市の清掃工場で、2005年、2006年の8月に採取した一般廃棄物焼却灰を供試体の大きさの制約により、2mm以下に分取した試料を用いた。また、比較のために豊浦標準砂も用いた。**図-1**と**表-1**に実験に用いる各試料の粒径加積曲線と物理特性を示す。2mm以下にふるい分けした焼却灰は、豊浦標準砂に比べて粒度分布が良く、細粒分を20〔%〕以上含有する材料である。

2-2 実験方法 供試体の作製は、緩く堆積した埋立て地盤を考慮し、基本的に水中落下法で行った。また、比較のために実施した豊浦標準砂に関しては、空中落下法により行った。

水中落下法;まず、直径 ϕ 75〔mm〕、高さH 150〔mm〕のモールド内に、モールド高さの約半分の位置まで脱気水を入れ、焼却灰を水面から落下させる方法で、 ρ_d 0.776〔g/cm³〕と非常に緩い供試体が作製した。

埋立て地盤のモデル化;供試体の作製は、シミュレーション用モールド(**図-2**)に 同様に水中落下させた後、**図-3**に示す装置によって上載荷重をかけて、処分場を模擬し行った。載荷装置には、供試体を作製した。載荷盤と底盤にポーラスストーンがあり水槽の中にモールドを浸水させ、海面下状態を模擬している。水槽を海水で満たし、圧密圧力 p 84〔kPa〕を加え、各々14、45日間養生を行った。その後、モールドから供試体を脱型するために、約1日間、一端、冷凍庫で凍結させた。ここで圧密圧力 p 84〔kPa〕は、尼崎沖処分場¹⁾における地盤深さ5~7〔m〕前後における状態に相当する。実験は**表-2**に示す条件にて、繰返し三軸圧縮試験装置を用い、供試体の飽和のため炭酸ガス、脱気水を通し飽和させ、B値が0.96以上であることを確認した。ただし、脱気された海水を用いたシミュレーション装置の場合では、B値=0.96以上に出ない状態で繰返しせん断を行っている。

キーワード 焼却灰、液状化、海面埋立て、繰返し三軸

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部 道路・土質研究室 TEL092-871-6631

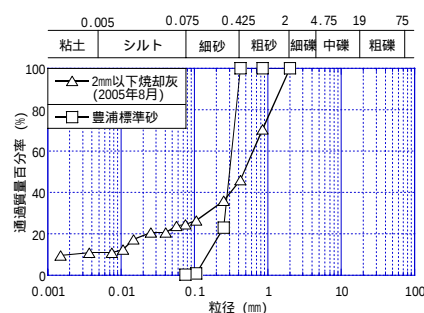


図-1 粒径加積曲線
表-1 物理特性

実験方法	水中落下法	埋立て地盤のモデル化	空中落下法
実験試料	2005年8月 2mm以下焼却灰	2006年8月 2mm以下焼却灰	豊浦標準砂
ρ_s 〔g/cm ³ 〕	2.437	2.475	2.653
ρ_{dmax} 〔g/cm ³ 〕	1.194	1.067	-
w_{opt} 〔%〕	37.1	36.2	-
e_{max}	-	-	0.985
e_{min}	-	-	0.639
U_c	207.3	-	2.1
U_c'	13.0	-	1.3

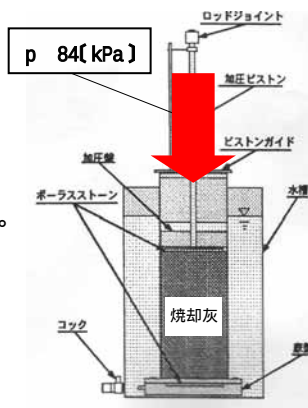


図-2 モールド拡大図

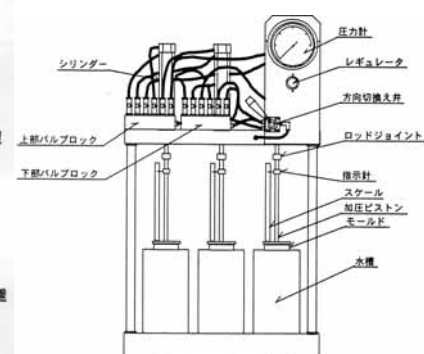


図-3 海面埋立てシミュレーション装置

表-2 実験条件(焼却灰;海面埋立てシミュレーション)

拘束圧	圧密応力 p	養生日数(日)	せん断 応力比	初期の 締固め度 D_r	せん断開始時の 締固め度 D	B値
98〔kPa〕	84〔kPa〕	14	0.430	0.79	0.81	0.68
			0.400	0.75	0.76	0.80
			0.370	0.75	0.78	0.82
		45	0.430	0.79	0.80	0.74
			0.400	0.76	0.78	0.60
			0.370	0.85	0.86	0.96

3. 実験結果及び考察

3-1 焼却灰の液状化特性 豊浦標準砂と水中落下による焼却灰の繰返しせん断の試験結果を図-4、5に示す。焼却灰のせん断挙動は、豊浦砂と比較すると非常に緩く堆積させた試料に大きな繰返しせん断応力を载荷したにも関わらず、繰返しに対して粘り強い挙動を示していることがわかる。その傾向は、1回目の载荷以降の有効応力低下挙動に現れ、ストレスパスがサイクリックモビリティを示しながら、ゆっくりと液状化していることから確認できる。また、変形挙動も、ほぼ等方的な変形が徐々に進行しており、供試体作製法の異なる豊浦砂と全く異なった挙動を示す材料であることがわかる。

3-2 モデル化した供試体による検討 養生日数 45 日の場合の有効応力経路図、軸ひずみと軸差応力の関係を図-6 に示す。

図-5 とほぼ同様の繰返しせん断応力で、液状化に至っていることがわかる。また、軸ひずみの発生過程においては、伸張側に大きくひずみが生じている。これは、供試体作製時の応力履歴の影響により、供試体が異方性を示したためである。

繰返し回数と最大過剰間隙水圧比の関係を図-7 に示す。モデル化して作製した供試体は、繰返し回数 $N=1$ 回目の最大過剰間隙水圧比 $(u/p_c)_{\max}$ の発生量が、水中落下法に比べ、小さいことがわかる。また、繰返しに対する間隙水圧の増加が非常に緩やかであり、養生による焼却灰の固結効果の影響が少しながら見られる。次に、繰返し回数と最大軸ひずみの関係を図-8 に示す。モデル化した供試体は、伸張側のひずみより、圧縮側にひずみが小さいことがわかる。供試体は圧密载荷の影響を受け、焼却灰が異方的な構造を持ったことが推測される。

3-3 液状化強度の比較 両振幅軸ひずみ $\varepsilon_{DA}=5[\%]$ が生じた時点を液状化とした液状化強度曲線を図-9 に示す。焼却灰の液状化強度は、豊浦標準砂と比較すると大きいことが示された。これは、焼却灰が灰分を含む多くの細粒分から構成されているため、繰返し回数の増加に伴う過剰間隙水圧の発生が、砂に比べ上昇しづらいことが原因と考えられる。また、液状化強度に養生の影響はほとんど確認されなかった。これは、モデル化された供試体の海水養生による経時的固結効果や供試体作製時に加える応力履歴による密度増加の効果が現れなかったことが原因と考えられる。

4. まとめ

焼却灰は、非排水繰返しせん断に対し、粘り強い挙動を示した。これは、焼却灰が細粒分を多く含んでいるためである。今回、埋立て地盤をモデル化した供試体では、密度増加したにも関わらず、海水養生による固結効果が生じず、液状化強度の増加は確認されなかった。さらに長期的に養生させた状態での検討が必要である。

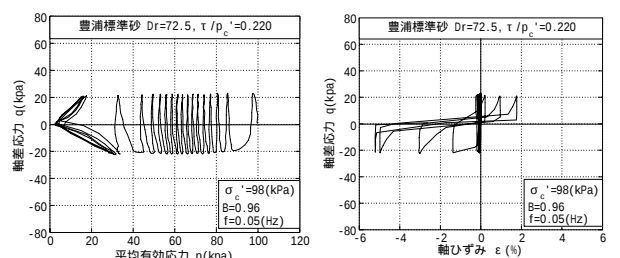


図-4 豊浦標準砂(空中落下)

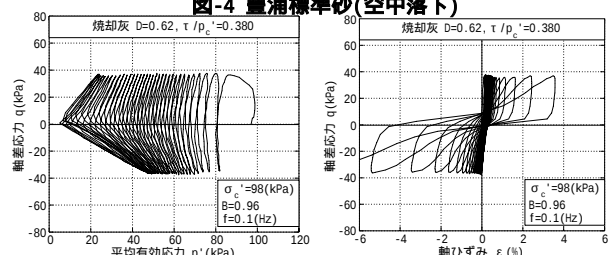


図-5 焼却灰(養生なし、水中落下法)

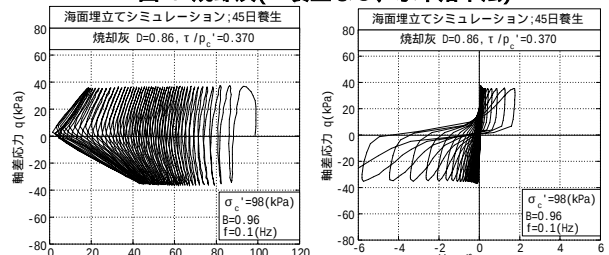


図-6 焼却灰(45日養生、水中落下法)

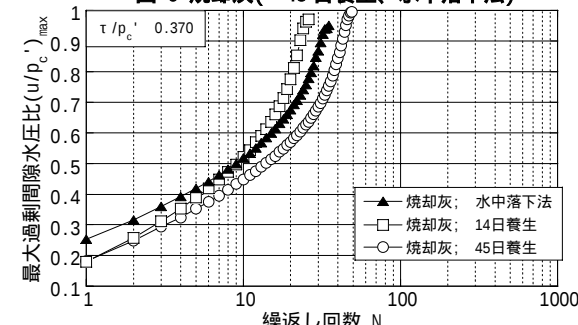


図-7 繰返し回数と最大過剰間隙水圧比の関係

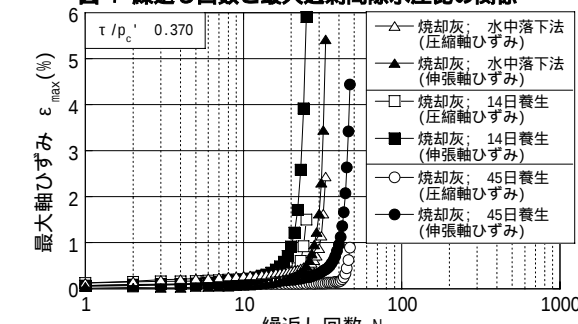


図-8 繰返し回数と最大軸ひずみの関係

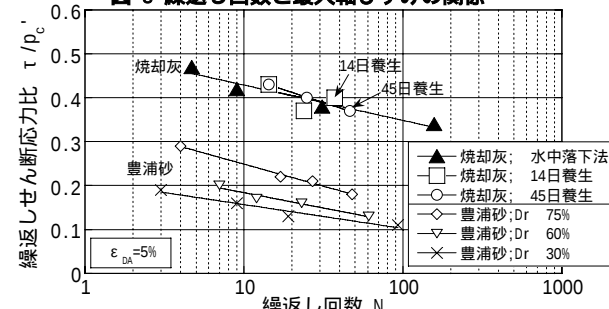


図-9 液状化強度曲線

【参考文献】1)和田ら; 尼崎沖処分場における水中埋立処分された焼却灰の地盤特性, 第2回環境地盤工学シンポジウム, pp93-98, 1993.3