

石炭灰を用いた乾式埋立て模型実験

西日本工業大学 正員 安原一哉 正員○平尾和年
清水建設機技術研究所 正員 堀内澄夫 正員 小田原卓郎

1. まえがき 石炭火力発電所から発生する石炭灰の大半は、沿岸の埋立て地に廃棄処分される。現在、石炭灰の埋立て方式は、水流式（スラリー状の石炭灰を海面上から投棄する方法）から乾式（石炭灰を加湿し、海面上から撒出し、ブルドーザー等で押し出し埋立てる方法）へと移行しつつある。これは、主として環境面からの制約、ランニングコストなどによるものである。この方法による石炭灰埋立て地盤の、特に水深以深での物理的・力学的性状については、まだ十分に明らかにされていない。

そこで、今回は石炭灰を用いた乾式埋立て模型実験を行ない、特に埋立て地盤の密度分布および支持力性状について検討した。

2. 実験概要

(1) 試料 乾式埋立て
模型実験で使用した石炭灰（フライアッシュ）の物理・化学的性質を表-1に示している。また、別途行なった締固め試験（JIS A 1210 1.1.c法）より、最適含水比 w_{opt} = 29.5%，最大乾燥密度 $\rho_d \text{ max}$ = 1.195 g/cm³ が得られた。

(2) 実験装置 実験土槽（メタルフォーム製）の概要は図-1の通りである。土槽寸法は、高さ100cm、幅200cm、奥行き100cmで、実験中の観察を可能にするため前面にアクリル板（厚さ2.5cm）を入れたため、土槽内奥行き寸法は97.5cmとなっている。図-1の投入板は、加湿石炭灰が自然に落下するように傾斜角度を55°とした。また、別途行なった予備実験より、投入板だけを用いた場合、壁面から離れた位置に加湿石炭灰が落下し拡散傾向が著しいことが確認された。そのため、前方には出来るだけ壁面に添って落下するように、水面まで傾斜板を取り付けた。

(3) 実験方法

図-2の位置で力学試験を行なった。また、実験の手順を図-3に示す。

3. 実験結果と考察

(1) 乾燥密度 ρ_d の分布

乾式埋立て模型実験で得られた堆積地盤の土槽正面からみた乾燥密度分布を図-4に示す。ここで乾燥密度は海水中の塩分を差し引いた値で、奥行き方向4箇所の平均値である。乾燥密度 ρ_d の範囲は 0.78~1.07 g/cm³（対最大乾燥密度比65~90%）の値となる。

表-1 試料の物理・化学的性質

項目	石炭灰
比重	Gs 2.273
二酸化ケイ素	SiO ₂ % 58.8
酸化アルミニウム	Al ₂ O ₃ % 22.3
酸化鉄	Fe ₂ O ₃ % 4.5
酸化カルシウム	CaO % 2.3
酸化ナトリウム	Na ₂ O % 1.6
酸化カリウム	K ₂ O % 2.3
三酸化硫黄	SO ₃ % 0.3

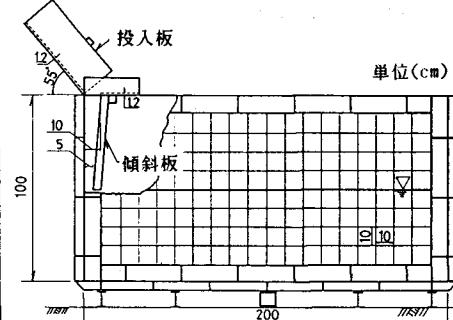


図-1 メタルフォーム製土槽

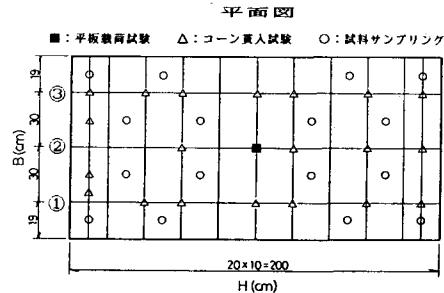


図-2 力学試験およびサンプリング位置

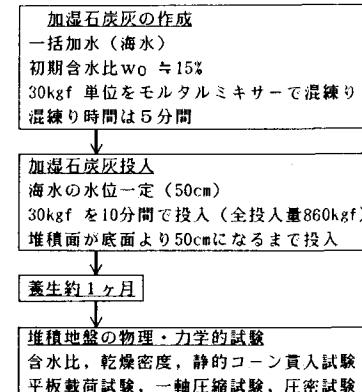


図-3 模型実験の手順

また、既に報告した埋立て方法の異なる水流式模型実験¹⁾では、 $\rho_d = 0.89 \sim 1.09 \text{ g/cm}^3$ （対最大乾燥密度比69～85%）で、 ρ_d の上限値は大差ない。堆積地盤の乾燥密度分布は、図-4より明らかのように、加湿石炭灰を投入した左端より離れるに従って乾燥密度が小さくなる。また、各位置での乾燥密度の鉛直分布は堆積面上部と下部で小さく地盤中央部で大きいことがわかる。

(2) コーン支持力 q_c の分布

堆積地盤の支持力分布を調べるために、静的コーン貫入試験を実施した。計測は堆積面から2.5cmごとに行なった。図-5は、コーン支持力 q_c の鉛直分布を各位置・各断面について集積して表わしたものである。正面から見た分布は、各位置とも底部より30～35cm付近でコーン支持力の最大値 $q_{c\max}$ を示しており、前述したようにこの位置では乾燥密度 ρ_d の値も大きく q_c は乾燥密度によく対応した分布傾向を示している。全ての位置で同じ傾向を示している。しかし、堆積地盤の下層半分のコーン支持力は小さく、埋立て後の残留沈下が生じる可能性がある。

(3) 平板載荷による地盤支持力

土槽中央の位置で支持力の確認のため平板載荷試験を行なった。載荷応力と沈下量の関係を図-6に示す。平板載荷試験での降伏荷重を求める方法は幾つかあるが、ここでは、 $\log S - \log p$ 法により降伏荷重 p_y を求めると 2 kgf/cm^2 となる。ところで、硬い粘性土地盤の許容支持力を建築基準法施工令、道路橋示方書では 1 kgf/cm^2 としており、これ以上の地盤と評価されよう。このように、乾式埋立てによる石炭灰地盤は、地盤支持力の観点からみる限りは埋立て地盤としての利用は十分可能であると判断してもさしつかえないと思われる。

4. あとがき

乾式埋立て模型実験で得た結論は、以下の通りである。

- (1) 堆積地盤のコーン支持力 q_c 、乾燥密度 ρ_d はいずれも地盤中層部と投入位置に近いほど大きく水平方向に離れるに従い漸減する分布を示す。
- (2) 地盤中央の平板載荷試験による降伏荷重 p_y は、 2 kgf/cm^2 で硬い粘性土地盤と同程度の支持力を示す。このことから埋立て地盤としての利用の可能性が十分考えられる。
- (3) しかし、地盤の下層半分は、軟弱で、埋立て後の残留沈下が懸念される。
- (4) 堆積地盤の乾燥密度 ρ_d は、石炭灰のみを用いた水流式実験と大差ない。

謝辞：本実験に用いた試料は九州電力㈱大村発電所から提供して戴いたものである。関係各位に記して謝意を表します。

参考文献 1)安原 他(1987)：石炭灰を用いた水流式埋立て模型実験、第22回土質工研究発会講演集、pp.1867-1868.

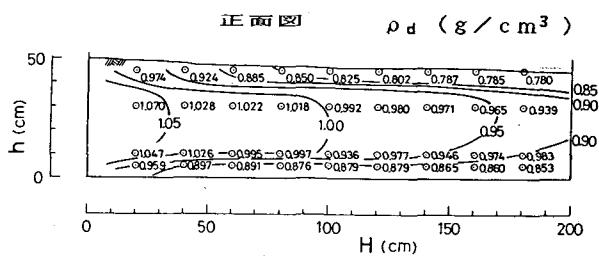


図-4 塩分量を補正した乾燥密度 ρ_d の分布

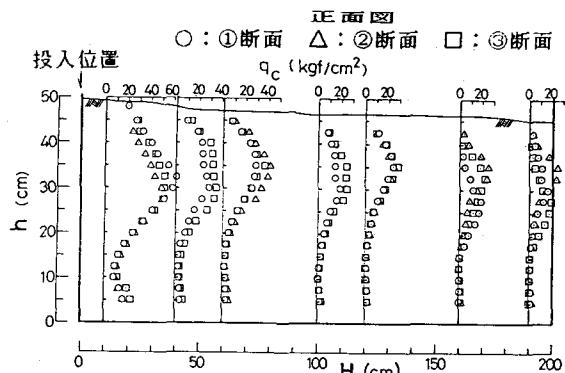


図-5 コーン支持力 q_c の鉛直分布

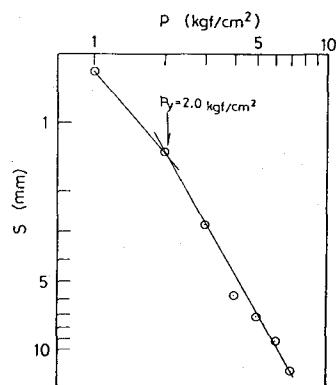


図-6 載荷応力と沈下量の関係