

事前混合処理工法における海底砂地盤の最適締固め方法

九州大学工学部 学生会員 ○鮫島 隆志 九州大学大学院 正会員 善 功企
九州大学大学院 正会員 陳 光斉 九州大学大学院 正会員 笠間 清伸

1. 背景および目的

従来、埋立地の地盤対策は埋立て後に実施されるケースが一般的である。しかし埋立地内における施設・建物などの配置計画があらかじめ明らかな場合、埋立てと同時に地盤対策を行うことによって、工期の短縮や工費の節減が図られる可能性がある。

これまでの液状化対策を主眼とした事前混合処理工法¹⁾の適用では、地震時が主な対象であり、改良地盤の密度や強度のばらつきについては比較的大き目に許容できた。今後、事前混合処理工法を土圧低減や支持力増強等を目的として適用していく際は、常時の安定性に関わる問題であるので改良地盤の密度や強度のばらつきをできるだけ少なくすることが重要となる。そこで、事前混合処理工法において埋立てた海底砂地盤を水中で締固めることにより、均一な密度と強度を有する改良地盤を作製することは有効な手法であると考えられる。

しかし、埋立て時に海底砂地盤を締固めることは一般に行われておらず、合理的かつ経済的な締固めをどのようにして行うかは全くわかっていない。このような背景から、本文では海底の砂地盤の締固めに関する実験的研究を行った。

2. 処理土の乾燥密度と一軸圧縮強度の関係

図-1に、処理土の乾燥密度と一軸圧縮強度の関係を示す。供試体は水中落下法により作製されており、海水中(20℃)で28日養生した。処理土の一軸圧縮強度は、セメント添加率が一定の時、乾燥密度に比例して増加し、またその増加傾向は放物線的になる。従って、現地施工において密度を大きくすることができれば、同じセメント添加率でも大きな一軸圧縮強度が得られることになり、少量のセメントで、液状化しない処理土の一軸圧縮強度の目安とされている 0.5~1.0 kgf/cm² を得ることも可能である。図-1より、セメント添加率3%において、液状化しない処理土の乾燥密度は 1.35 g/cm³ 程度であると判断される。また、分離防止剤の量の違いによる一軸強度の差異はさほど考慮しなくてもよいことが分かる。

3. 実験概要

実際のスケールの 1/40 程度を想定しての室内模型実験を行った。図-2に実験モデル図を示す。使用した砂は熊本港けい砂(K-7)($\rho_s=2.742\text{g/cm}^3$)で、実験条件を表-1に示した。模型実験では、処理土の投入は水槽最上表面からの直投方式を採用し、水槽内にできるだけ均一に広がるように分割して投下した。締固め方法は、載荷版により荷重を加える方法とし、締固めのための載荷荷重を4種、締固め初期層厚を3種とした。また、締固めによる効果との比較をするため、無載荷の場合を1cm, 2cm, 4cmの層厚で実施し、全部で27パターンとした。海底地盤表層部を拘束するため、載荷時にスカートを用いてより効果的な水中での地盤の締固め方法の検討を行った。現在、埋立工事の際に使用されるクレーンの重量は主に 50tf 程度であるので、本実験において最

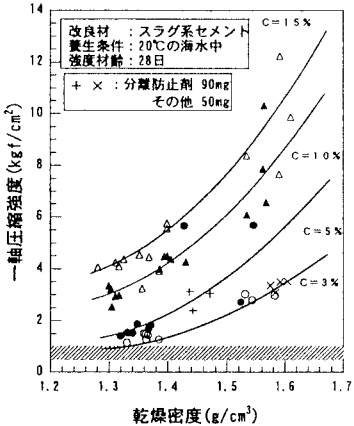


図-1 乾燥密度と一軸圧縮強度との関係

表-1 実験条件	
供試体試料	熊本港けい砂(K-7)
安定剤	高炉スラグセメントB種(添加率3%)
添加水	蒸留水(含水比5%)
分離防止剤	強アニオンポリアクリルアミド
載荷荷重(gf)	62.5, 125, 312.5, 625
層厚 h (cm)	1, 2, 4
立ち上げ高さ(cm)	12
スカート長さ(cm)	各層厚と同高

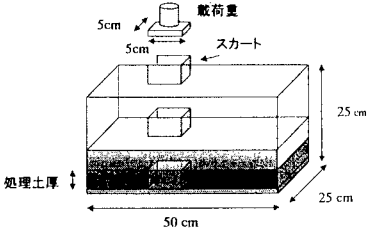


図-2 実験モデル図

大載荷荷重を 625gf とした。事前混合処理工法に締固めを組み合わせ、処理土を水槽内で 7 日間養生したのち、層ごとにモールドを押し込み、供試体を抽出し、乾燥密度を計測した。図-1 を参照して 7 日後の一軸圧縮強度を求めた。乾燥密度から一軸圧縮強度を求めた理由は、7 日強度では一軸圧縮試験ができないほど供試体に自立性がないためである。本実験で、締固めによる乾燥密度の増大効果と地盤のばらつき状況を考察した。乾燥密度の計測方法は、投入土砂量と、水槽内で 15 ポイントの高さの平均から求めた埋立て地盤の体積から計算した。今回は特に層厚 2cm, 4cm の場合を報告する。

4. 実験結果と考察

4.1 載荷荷重(接地圧)と乾燥密度の関係

図-3 は締固め直後の乾燥密度を接地圧ごとにプロットしたものである。スカートを用いない締固めを行った場合は、海底表層部で砂の流動が生じるため、どの接地圧においても、スカートをを用いた場合に比べて乾燥密度は小さくなった。また、初期層厚が大きいほどスカートによる締固め効果が顕著で、特に載荷荷重 625gf で層厚 4cm の時、スカートをを用いて締固めた場合、スカートがない時に比べ、乾燥密度で 8% の増加がみられた。これは、図-1 より 1.75kgf/cm^2 程度の一軸圧縮強度が期待される。従って、締固めなしの場合のセメント添加率 5% と同強度であり、セメントのコストの削減になり、経済的な施工が期待される。さらに、層厚が小さい方が乾燥密度は高い値を示した。これは載荷による圧力伝播の伝わりやすさに起因すると考えられる。

図-4 は締固め前後の乾燥密度の増加率を層別に表したものである。層厚が小さいほうが載荷による沈下が少なかったため、層厚が 4cm に比べて締固め前後の増加率は小さくなった。締固めをする際に、接地圧を大きくしても、層厚が大きいと圧力の伝播が充分でなく、地盤がばらついている可能性があると考えられる。

4.2 締固め地盤のばらつきの様子

地盤のばらつきの程度を表すパラメーターの一つである変動係数(=標準偏差/平均値)を用い、本実験の地盤のばらつきを検討した。図-5 は、7 日養生後の供試体の変動係数を、締固め直後の変動係数で正規化を行い、接地圧との関係を示したものである。接地圧を増加させることで変動係数を大幅に減少でき、より均一な地盤を作製できた。ただし層厚 4cm の時では、スカートの有無によるばらつきの低減はできなかった。図-5 は層厚 4cm のみを表記したが、1cm, 2cm でも同様の結果が得られるかどうかは今後の課題である。

5. 結論

- 1) スカートなどで海底地盤を拘束し載荷荷重を加えることによって、初期層厚に関係なく締固め前後において乾燥密度の増加は期待できる。
- 2) 海底地盤を締固める際、拘束することでばらつきが減少できるかは、層厚 4cm では期待できなかった。

《参考文献》

- 1) 善 功 企ら：4. 事前混合処理工法による処理土の強度・変形特性、第 29 巻、第 2 号 港湾技術研究所報告 pp85-116, 1990.6,

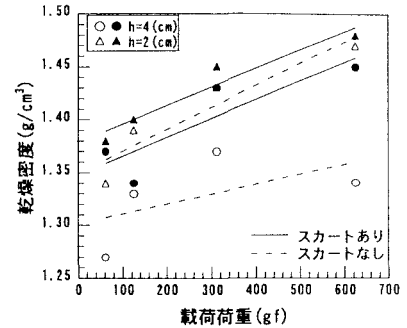


図-3 締固め直後の載荷荷重と乾燥密度の関係

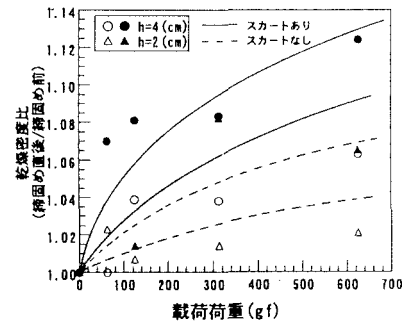


図-4 乾燥密度比と載荷荷重の関係

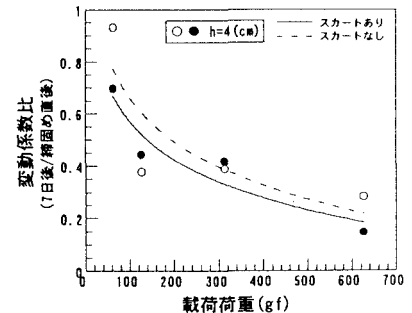


図-5 変動係数からみる地盤のばらつき評価