

ソイルセメントコラム強度と攪拌エネルギーの関係

佐賀大学 学○ 木下 広志 学 藤本 浩
 佐賀大学 正 三浦 哲彦
 (株) テノックス 正 溝口 栄二郎

1. 研究目的

本報告はセメントスラリー混合攪拌工法の有明粘土地盤への適用において、物理的要因の一つである攪拌による粘土地盤のせん断強度低下が固化材の混合状態に及ぼす影響を調べ、攪拌エネルギーと混合効果および一軸圧縮強度の関係について実験的検討を行ったものである。

2. 実験概要

1) モデル地盤 十分に練り返した有明粘土($\rho_s=2.63\text{g/cm}^3$, $W_n=110\sim125\%$, $W_L=86.2\%$, $I_P=47.5$)を一辺1.5m×1.5m、深さ1.0mのコンクリート土槽に詰めて、軸圧0.1kgf/cm²で約2年6ヶ月間圧密したものをモデル地盤として用いた。図-1にモデル地盤の特性を示す。

2) 模型コラム作製装置 本実験で用いた模型コラム作製装置(以下、模型装置)を図-2に示す。模型装置は、大きく分けて(1)攪拌翼を上昇・下降させる昇降装置、(2)圧力をかけセメントスラリーを吐出するポンプ、(3)攪拌翼を回転させるオーガモーターの部分からなり、それぞれ速度を変えることができる。

コラム打設においてセメントスラリー吐出を最初の掘進時にのみ行う。所定の深度に達し、再び地盤上部にまで攪拌翼が上昇する往復の工程の一回目を Mixing 1, 二, 三回目をそれぞれ Mixing 2, 3 とする。

3) ソイルセメントコラムの打設方法 ソイルセメントコラムの打設方法を次に示す。

(1) 模型装置を用いてセメントスラリー(配合量250kg/m³, 水セメント比80%)と地盤粘土を混合攪拌しながら打設する。施工中、オーガモーターでの消費電力量を測定した。

(2) コラム打設直後、シンウォールサンプラーにより試料を採取して、深度別に供試体($\phi=5\text{cm}$, $h=10\text{cm}$)を作製した。

(3) 所定日数養生後、ソイルセメントコラムの一軸圧縮試験を行い、コラム強度を調べた。

3. 攪拌エネルギーの算定

攪拌エネルギーはコラム打設時に要したコラム単位体積あたりの攪拌仕事量である。攪拌翼が地盤内に入り所定深度まで達する間、オーガモーターの電力増加量(W_n)を測定し、地盤に与えたエネルギー(消費電力量)を攪拌仕事量に換算した。以下に換算式を示す。

$$\Delta Q = W_n \times \sqrt{3} \times t \times \alpha \times C, \quad Q = \int \Delta Q(t) dt \quad (2)$$

ここに、 Q : 攪拌仕事量(kgf·m), W_n : 電力増加量(W), $\sqrt{3}$: 乗数(電源方式によるもの), t : 時間(sec), α : 攪拌仕事量変換値($=0.102\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{J}$), C : 効率(C の値は求めているないので係数のままで用いる)

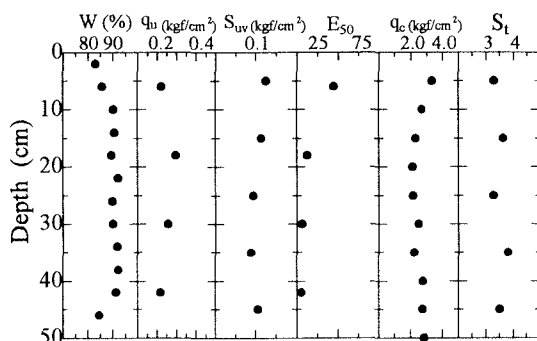


図-1 モデル地盤特性

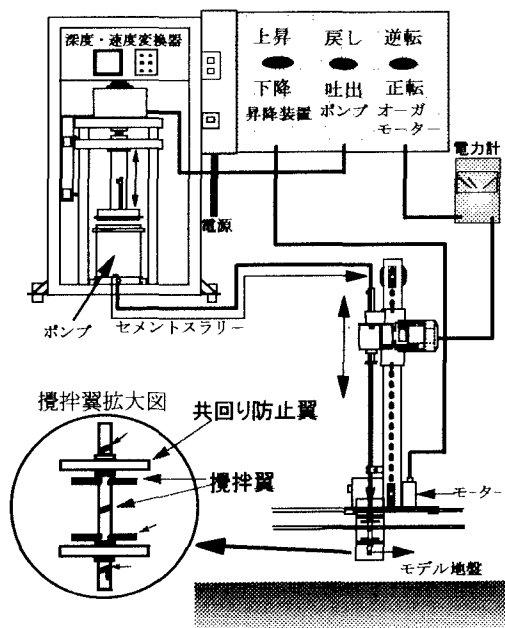


図-2 模型コラム作製装置全体図

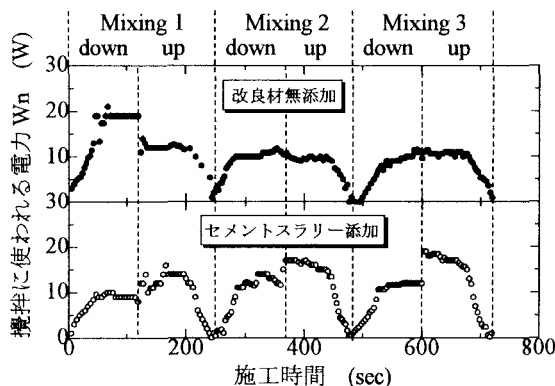


図-3 施工時間と電力増加量の関係

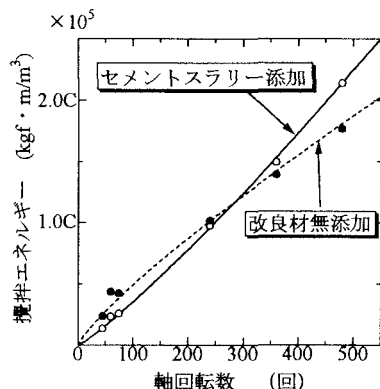


図-4 軸回転数と攪拌エネルギーの関係

4. 実験結果及び考察

図-3は改良材の有無によるコラム打設時の電力の経時変化を示す。同図の攪拌に使われる電力 W_n は、地盤混合で消費される全電力 W_t と空転時に消費される電力 W_o の差 ($W_n = W_t - W_o$) で表わしたものである。改良材の有無による違いをみると、第一回目の貫入時において、セメントスラリー添加した場合の方が少ないエネルギーで済むことがわかる。これは、セメントスラリーの添加による見かけの含水比が高くなって混合が容易になった結果であると思われる。また、改良材無添加の時は、Mixing2,3/Mixing1の比をとると0.62~0.67である。これは、有明粘土のように鋭敏性が高い地盤では、攪拌による地盤の乱れが大きいのが関与していると考えられる。また、セメントスラリー添加時のMixing2,3/Mixing1は1.17であるが、これは混合攪拌時間が長くなるに伴ってセメント系固化材の水和反応が進行した結果であると考えられる。

図-4に軸回転数と(2)式より求めた攪拌エネルギーとの関係を示す。この図が示すように、改良材無添加の場合は攪拌軸の回転数が増加するにつれ、攪拌エネルギー増加率は減少する傾向にあるが、改良材を添加した場合には増加傾向にある。

図-5に一軸圧縮強度と攪拌エネルギーの関係を示す。攪拌エネルギーの増加に伴い改良強度は増加するが、あるエネルギーを越えると強度はある範囲内に収束していくことからそれ以上の強度増加は望めないことがわかる。このことから効率の良い混合エネルギー条件があることがわかる。

5. 結論

(1) 粘土地盤において改良材を用いずに攪拌した場合、一回目の貫入時の攪拌エネルギーに比べ二回目、三回目のそれは地盤の粘土が乱されるため小さくなる。これは、粘土のせん断強度が攪拌によって次第に低下したことに起因している。

(2) 改良材を用いた場合は、一回目の貫入時でそれを用いない場合と比較すると攪拌エネルギーは小さくなる。これは、セメントスラリー内の水により見かけの含水比が高くなったためであると思われる。さらにこの場合、攪拌時間に伴う固化材の水和反応の進行により攪拌エネルギーは上昇する。

(3) 軸回転数および攪拌エネルギーの増加に伴いコラム強度も増加するが、あるエネルギーを越えるとそれ以上の強度増加は望めないことを実験により明らかにした。

謝辞 本研究において、(株)テクノックス九州営業所 植山陽治所長には大変お世話になりました。また、三菱マテリアル(株)より固化材を提供していただいた。記して感謝の意を表します。

参考文献 1) 西田耕一・三浦哲彦：鋭敏粘土地盤の深層混合改良に関するエネルギー的考察；土木学会論文集，No. 516/VI-27，pp. 165-172，1995。2) 西野治：改訂 電気計測 標準電気工学講座，コロナ社，pp. 121-123。

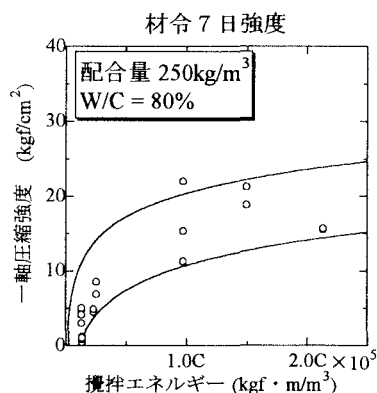


図-5 コラム強度と攪拌エネルギーの関係