

有機質土地盤に対するセメント系地盤改良材における 2 回分割攪拌混合の影響

東北学院大学 非会員 ○上野幹太、佐々木泰斗、川名歩
小野田ケミコ株式会社 非会員 保坂仁哉、武田裕樹
東北学院大学 正会員 山口晶

1. はじめに

セメント系固化材の地盤改良において、有機質土が強度発現を阻害・遅延させることが問題となっている。有機質土のセメント系固化材の地盤改良における現場施工上の経験的な知見として、同じ量のセメントを 1 回で全量混合するより、2 回に分けて混合する方が一軸圧縮強さが大きくなる場合がある。しかし、この方法が効果を発揮する地盤条件等が不明である。本研究では、有機質土地盤に対するセメント系地盤改良の攪拌混合において、固化材を 1 回で全量投入する方法（1 回混合）と 2 回に分割する方法（2 回分割混合）で、様々な条件を用いて一軸圧縮強さに与える影響を検討した。

2. 実験概要と実験条件

実験に用いた試料は山田町試料とした。土の土質特性を表-1 に示す。山田町試料は有機質の分解が進んだ腐植土である。

実験条件を、表-2 に示す。実験ケースは 12 ケースとした。1 回混合は土 1m³ に対して、300 kg/m³、350 kg/m³、450 kg/m³、2 回分割混合は、1 回混合のセメント添加量を 2 回に分けて混合した条件となっている。

実験手順は、まず土を 4.75 mm ふるい通過分の土と水セメント比 80 % のスラリーをミキサーで混合する。1 回混合では固化材を一回で 10 分ミキサーで混合する。2 回分割混合では、1 回目に 5 分ミキサーで混合し、ミキサーを止めて手で十分混合した後、

表-1 土質特性

試料名	山田町試料
採取場所	岩手県下閉伊郡山田町山田第 9 地割 57
pH	4.6~4.8
含水比	328.4 %
強熱減量	56.18 %
湿潤密度	1.083 g/cm ³

表-2 配合条件

番号	1 回目配合量	混合時間	2 回目配合量	混合時間
1	300	10 分	—	—
2	350	10 分	—	—
3	450	10 分	—	—
4	100	5 分	200	5 分
5	100	5 分	250	5 分
6	100	5 分	350	5 分
7	200	5 分	100	5 分
8	200	5 分	150	5 分
9	200	5 分	250	5 分
10	250	5 分	50	5 分
11	250	5 分	100	5 分
12	250	5 分	200	5 分

2 回目として再度ミキサーで 5 分混合する。試料をアクリル容器に詰めた後、20℃で湿潤状態で 7 日および 28 日養生し、一軸圧縮試験を行う。図-1 にミキサー、図-2 に一軸圧縮試験機の写真を示す。試料は、各実験ケースで 6 本供試体を作り、7 日養生 3 本と 28 日養生 3 本とした。ここでは 28 日養生 3 本分の一軸圧縮強さの平均値で議論を行う。

3. 実験結果と考察

図-3 にセメント固化材添加量と一軸圧縮強さの関係を示す。この図をみると、各条件とも固化材添加量が増加すると一軸圧縮強さが増加していることと、2 回分割混合の場合は、1 回目添加量が多いほど、一軸圧縮強さが大きくなっていることがわかる。ここ



図-1 ミキサー



図-2 一軸圧縮試験機

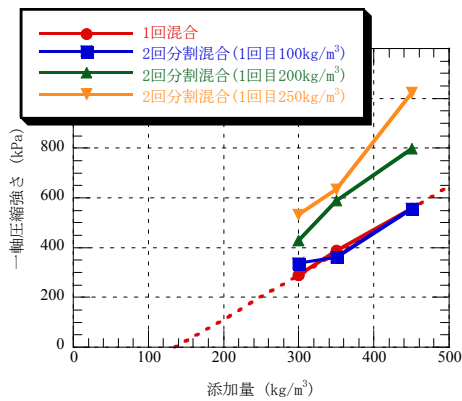


図-3 山田町一軸圧縮強さグラフ

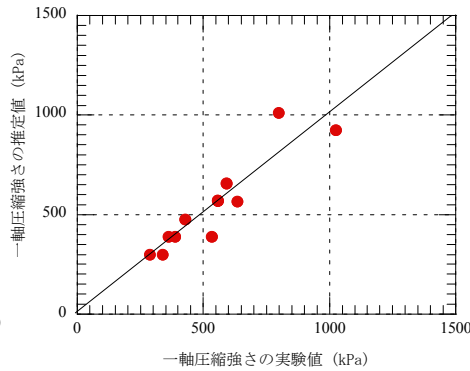


図-4 実測値推定値の比較グラフ

表-3 土の係数

	山田町
中和セメント量 (kg/m³)	133.7
中和固結係数 k	1.803
固結係数 a	3.574

で、1回混合を見ると、添加量に対して直線的な関係に見える。そこで、1回混合のデータに対して直線近似を行ったのが、図上の赤点線の直線である。この直線は添加量を示す x 軸と 133.7 kg/m^3 で交わっている。これは、セメント添加量が 133.7 kg/m^3 以上でないと固化せず、一軸圧縮試験ができないことを示している。有機質土は腐食により酸性を示すので、セメントの強アルカリに対して中和反応を示すと考えられる。そこで、セメント固化材の地盤中の働きは、有機質土の酸性土壌を中和する分と土を固結させる分の2つに分けて考えることができると仮定して、この仮定に基づき、一軸圧縮強さの説明を試みる。

x : 1回目に混合するセメント量、 y : 2回目に混合するセメント量、 z : 中和に必要なセメント量と考える。セメント量と一軸圧縮強さは線形関係にあると考え、中和と固結が同時におこるときのセメント量と一軸圧縮強さの比例係数を k (中和固結係数)、固結のみが単独でおこるときの比例係数を a (固結係数) と考える。 x より z が小さいと、1回目混合で中和と固結が同時に発生し、2回目混合で固結のみ発生する。 x より z が大きいと、1回目混合で中和のみ発生し、2回目混合で中和と固結が同時におこるといふ考え方になる。

目標の一軸圧縮強さを $t \text{ kPa}$ とすると、 $x < z$ のとき

$$(y - (z - x)) a = t \quad \cdots \text{式 1)}$$

となる。

また、 $x \geq z$ のとき

$$(x - z) k + y a = t \quad \cdots \text{式 2)}$$

となる。なお、この考え方では1回混合は

$$(x - z) k = t \quad \cdots \text{式 3)}$$

となる。

今回の実験の場合、試料を中和するのに必要なセメント量は図-4より、 $z = 133.7 \text{ kg/m}^3$ である。

このような考え方で、一軸圧縮試験結果を整理して中和固結係数 k と、固結係数 a を求めたところ、表-3のように整理できた。

ここで、この考え方で実際の実験結果が説明できるか確認を試みる。表-3で示した係数と実験条件のセメント添加量から、一軸圧縮強さを逆算し、実験結果と比較したものが図-4である。図-4中の直線は、1対1の関係を表している。このグラフを見ると、推定値と実験値はほぼ1対1の直線上に位置しており、上記の考え方で実験結果を説明できることがわかる。

ここで、経済的なセメント添加量について考察する。1回目のセメント量 x と2回目のセメント量 y について、式1) から式3) に加えて、

$$x + y = s \quad \cdots \text{式 4)}$$

とした場合、総セメント添加量である s を最小とし、かつ目標とする一軸圧縮強さを満たす必要がある。

1回混合と2回分割混合のどちらが良いかを考えると、 $k \geq a$ のときは1回混合、 $k < a$ のときは2回分割混合が最も経済的となる。また、2回分割混合の場合は、1回目混合では中和に必要なセメント分 z のみを混合した場合が最も大きな一軸圧縮強さを得られることになる。

4. まとめ

実験結果から、腐植土はセメント固化材の固化過程の働きを中和分と固結分に分けて考えることができ、それぞれ添加量と一軸圧縮強さの関係を表す定数を定義することができた。また、この定数を使用して一軸圧縮強さを逆算できることを示した。今後様々な有機質土について実験を行い、この式から有機質土の一軸圧縮強さを推定できるようにしたい。