

深層地盤改良における攪拌抵抗の違いについて

佐賀大学 理工学部 ○学 辻 忠昭
 松尾建設株式会社 正 西田 耕一
 佐賀大学 理工学部 正 三浦 哲彦

1. はじめに

化学的な固結による軟弱地盤改良においては、その成否を決定する主な要因として物理的、化学的、鉱物的なものが考えられる。これまでは主に化学的、鉱物的な問題に関して検討されることが多く、攪乱による地盤の乱れの影響についてはあまり論じられていない。本報告は、物理的要因のうちのひとつと考えられる混合時の攪乱による地盤の強度低下が混合効果に与える影響について、室内実験データをもとに検討するものである。

2. 粘土の種類の違いによる攪拌時の抵抗の差

2.1 実験方法

有明粘土は他の粘土に比べて少量の生石灰混合でかなりの効果を得ることが知られている¹⁾。この理由の一つとして、高鋭敏性による流動化が関係していると思われるので、2種類の粘土(有明粘土、カオリン)を用いて比較実験を行った²⁾。両粘土の物性には表-1に示す。カオリンの含水比は、改良材を加えない有明粘土の攪乱強度と同じ値を示すように調整した。

有明粘土と含水比調整したカオリンに、同率の生石灰(乾燥土重量に対して8.0%)を攪拌機で15秒、30秒、3分、5分、10分攪乱混合してその直後に室内ベーンせん断試験を行った³⁾。試験後に使用した試料をモールドに詰込み供試体を作成して、7日間標準養生を行ったのち一軸圧縮強さを比較した。

2.2 結果ならびに考察

上述の方法でベーンせん断試験を行い、その結果をプロットしたものが図-1であり、両粘土に生石灰を混合した場合、攪拌時間がある程度増加するまではトルクが低下しており、有明粘土が5分以降も低下するのに対して、カオリンは3分混合すれば、ほぼ一定となることがわかった。これは、有明粘土の鋭敏比が高いために攪拌によりトルクがある程度まで低下し続けるためと考えられる。各攪拌時間毎にトルク値を比較すると、有明粘土の方がカオリンに比べて大きな値を示している。鋭敏比が高い有明粘土は攪拌により流動化され易いため、混合効果は高いと考えられるが、今回の実験は生石灰混合直後に行われたものであり、イオン交換やポゾラン反応による影響よりも、生石灰による吸水・発熱作用が関与しているのではないと思われる。

有明粘土では、攪拌時間が増加すれば一軸圧縮強さも増加し、5分以上ではほぼ同程度に落ちつく。カオリンにおいては有明粘土の1/10以下の強度ではあるが若干の強度増加が認められ、トルク同様に3分で最大値を示す。すなわち粘性土に生石灰を混合する場合には、最大改良強度を得るための最小攪拌時間が存在するということであり、実際の地盤改良においても経済的な攪拌時間を検討することが一つの課題となる。

3. 粉体混合とスラリー混合におけるせん断抵抗について

3.1 実験方法

有明粘土にセメント系改良材を用いて地盤改良を行う際、粉体の状態で混合する場合とスラリー状で混合する場合がある。このときの混合時のせん断抵抗の大小を比較するために、乾燥

表-1 有明粘土およびカオリンの物性

	有明粘土	カオリン
土粒子の密度 $\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	2.730	2.705
含水比 $\omega \text{ (%)}$	120.0	60.0
湿潤密度 $\rho_s \text{ (g/cm}^3\text{)}$	1.370	1.539
液性限界 $W_L \text{ (%)}$	85.9	50.0
塑性限界 $W_P \text{ (%)}$	37.7	27.1

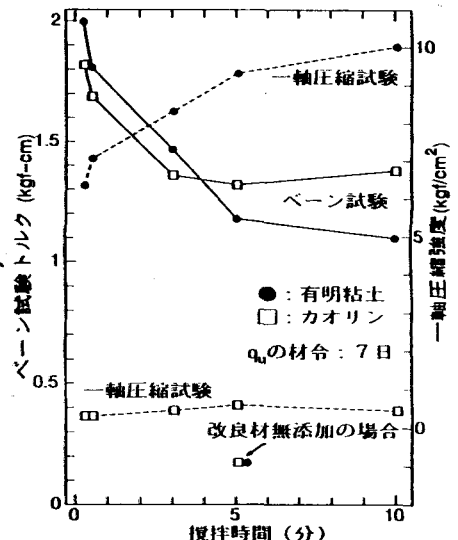


図-1 攪拌時間によるトルクと改良強度の変化

重量に対して4.8, 8.0, 12.8, 19.3, 40.1, 56.2%の普通ポルトランドセメントを粉体とスラリー（ $w/c=60\%$ ）の状態では混合して、混合直後にベーンせん断試験を行った²⁾。混合時間は攪拌機で30秒と10分の2種類とした。

一軸圧縮強さを確認するために、ベーン試験で使った試料を用いてテストピースを作成して、養生14日後に強度を確認した。

3.2 粉体、スラリー混合時のトルクの比較

図-2, 3は、30秒, 10分攪拌でのベーンせん断試験、ならびに一軸圧縮試験結果を示す。攪拌時間が增大すると図-1と同様に、粉体、スラリー共にトルクは減少している。改良材の混合量の変化に伴うトルクの増減は、粉体では混合量の増加に従いトルクも増加しているが、スラリーでは8.0%以上の配合では逆にトルクが減少している。 $w/c=60\%$ のスラリー状の改良材混合量が増加すると全体の含水比は低下する。しかし、比表面積が有明粘土に比べて非常に小さいセメントのスラリーでは、 $w/c=60\%$ であっても流動性が高いため、スラリー混合量が増加するほどトルクが低下したと思われる。同量の改良材を粉体とスラリーで混合する場合、十分に混合を行えば、スラリーの方がトルクが小さくなり、しかも改良材の増減によるトルクの変化が小さい。ゆえに、改良材を多量に使用するほど粉体に比べてスラリーの方が攪拌に使用するエネルギーが少なくすむので、地盤改良における工法検討の一つの指標となるであろう。セメント量と一軸圧縮強さの関係では、粉体、スラリーともに混合量が増加するに従い圧縮強さも増加しているが、混合量が少ない領域ではそれほど効果に差がない。このことは、2で述べた鋭敏性の高さから起こる流動化に関係すると思われる。よって、鋭敏性が高い有明粘土においては、一般に多量の改良材を必要とするセメント系改良ではスラリー混合が、また少量の改良材しか必要としない石灰系地盤改良では粉体混合がそれぞれ効果的と思われる。

4. まとめ

改良材を混合する地盤改良において、粘土の鋭敏性が改良

効果に与える影響について検討を行った結果、以下のような結論を得ることができた。

- (1) 鋭敏比が高い有明粘土は、混合攪拌により流動化され易く、改良効果を助長する。
- (2) 粘性土に生石灰を混合する地盤改良では、短時間で最大の効果を得る最適混合時間が存在する。
- (3) 一般に、粉体に比べてスラリーの方が攪拌に使用するエネルギーが少なくすむ。
- (4) 混合する改良材が多量の場合、エネルギー的にはスラリーの方が相対的に効率が高いと思われるが、鋭敏比が高い有明粘土で少量の改良材を用いる場合は粉体もかなり効果的である。

以上の事が今回の室内ベーン試験結果より分かったが、より多くの種類の粘性土を用いて同様な実験を行うべきであり、それとともに実際の地盤改良における攪拌トルクのデータを蓄積して有効な攪拌方法を検討していきたい。

参考文献

- 1) 三浦哲彦・古賀良治・西田耕一：有明粘土地盤に対する生石灰を用いた深層混合処理工法の適用，土と基礎vol. 34, No. 4, pp5~11, 1986
- 2) 西田耕一・辻 忠昭・三浦哲彦：地盤改良における攪拌混合効果に関する一考察，佐賀大学理工学部集報Vol. 22, No. 2, pp263~270, 1994
- 3) 土質工学会編：土質調査法，pp258~263, 1991

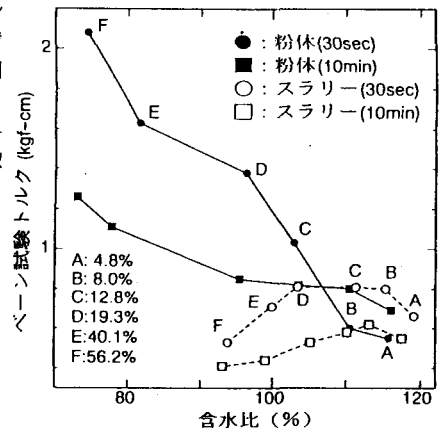


図-2 含水状態とトルクの関係

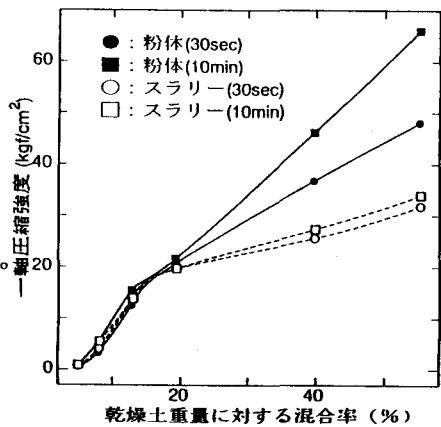


図-3 改良材混合率と強度の関係