

攪拌混合工法における粘性土地盤の共回り現象に含水比が与える影響

東北学院大学 非会員 ○大村優斗・菅原俊輝・須藤大樹

正会員 山口晶

小野田ケミコ株式会社 非会員 山根行弘・蓮香朋宏・高島基之

1. はじめに

地盤改良を実施する際に、よく行われる工法の一つに機械攪拌工法がある。これは、攪拌翼を地盤中で回転させることにより、改良材と土を攪拌混合し、固結体を地中内に作製する工法である。この工法における課題の一つに、共回り現象がある。共回り現象とは、攪拌翼に土が付着し、攪拌翼と土が一体となって回転する現象である。これにより、混合不良が発生し、地盤改良に支障をきたす場合がある。しかし、現状では、高塑性の粘土で共回りが発生しやすいという傾向はわかっているが、それ以外の発生条件が明らかになっていない。そこで、本研究では、簡易的な攪拌模型を作製し、含水比の異なる粘土を攪拌して攪拌翼に付着する粘土量を調べることにより、共回り現象の発生条件について調べることにした。

2. 実験概要

この実験は、含水比を変化させた粘土に対して、攪拌翼模型を回転させながら貫入・引き抜き実験を行い、引き抜き後に攪拌翼に付着した粘土の質量を量ることにより、共回りの程度を判断するものである。攪拌翼模型の貫入時の様子を写真－1 に示す。なお、攪拌翼は全幅 10cm、羽は 3 枚とし、羽との間

隔が 4cm である。攪拌翼の写真を写真－2 に示す。

用いた試料は、カオリン、現場から採取した粘土（江の川）、乾燥カオリンと自然含水比の現場粘土を質量比 1：1 で混合した混合粘土である。試料の土質特性を表－1 に示す。

カオリン・混合粘土は予備実験等により攪拌翼に付着する粘土の質量が大きくなる含水比を調べておき、それよりも小さい含水比を初期含水比とする。現場粘土は自然含水比を初期含水比とする。この初期含水比から、あらかじめ設定した含水比になるように水を混合し、それぞれの含水比の粘土について、模型攪拌翼貫入実験、液性落下試験、ベーン試験を実施する。模型攪拌翼貫入実験は、写真－1 に示したように、バケツにいた粘土に対して攪拌翼を 1 分に 10cm の速度で貫入する。1 分後、同じ速度で攪拌翼を引き抜き、攪拌翼に付着した粘土を丁寧に取り除き、質量を調べる。同じ含水比の粘土に対して、回転速度 20rpm と 40rpm を行った。液性落下試験は、攪拌後の試料について、液性試験と同様の手順で実験を行い、粘土の溝が 1.5cm 程度閉じたときの落下回数を記録するものである。ベーン試験は、攪拌後にバケツの中にベーンを貫入して行う。

3. 実験結果と考察

図－1 および図－2 に各試料の含水比と付着粘土質量の関係を示す。この図を見ると、ある含水比で付着粘土質量が最大値を示していることがわかる。また、最も粘土が攪拌翼に付着しやすい（共回りしやすい）含水比が粘土毎に存在することがわかる。

表－1 用いた試料の土質特性

	カオリン	現場粘土	混合粘土
液性限界 WL(%)	71	41	52
塑性限界 Wp(%)	33	29	26
塑性指数	38	12	26



写真－1 貫入試験の様子 写真－2 攪拌翼模型

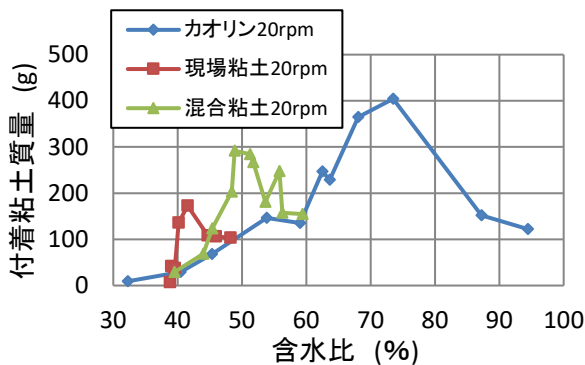


図-1 含水比－付着粘土質量(20rpm)

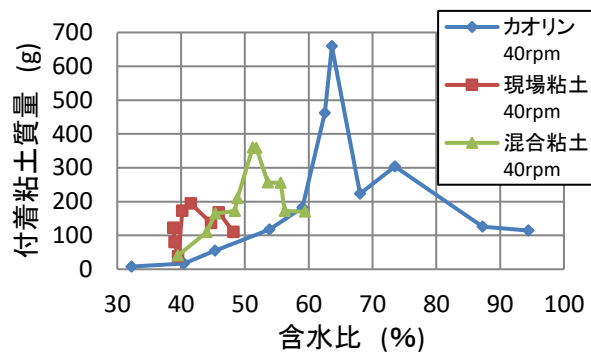


図-2 含水比－付着粘土質量(40rpm)

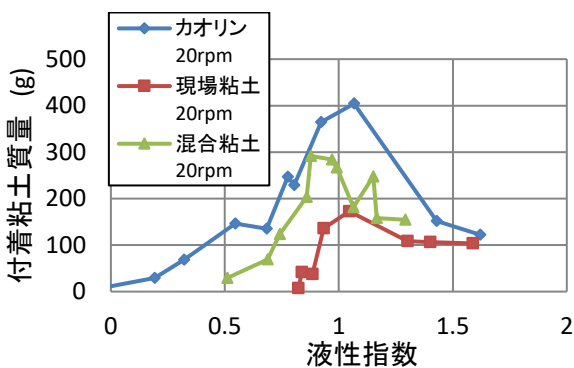


図-3 液性指数－付着粘土質量(20rpm)

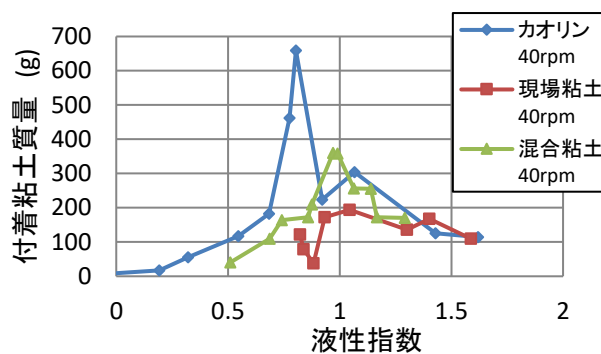


図-4 液性指数－付着粘土質量(40rpm)



写真-3 試料土付着状況

さらに、最大の付着粘土質量を示す含水比は、表-1 に示した液性限界に近いことがわかる。最も付着粘土量が多く共回り現象と思われる試料土付着状況(カオリン 40rpm)を写真-3 に示す。

そこで、粘土の含水比が液性限界に対してどの程度かを考えるために相対密度と同様の考え方で、液性指数(I_L)を考える。液性指数は

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p}$$

で定義される。この液性指数と付着粘土質量の関係を図-3 及び図-4 に示す。この図を見ると、液性指数 1.0 付近で付着粘土質量が最大値となることが言える。また、高塑性の粘土は共回りする傾向にあるという経験的知見を考慮し、試料の塑性指数とその

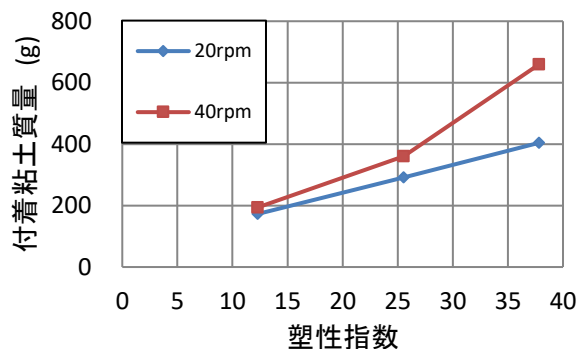


図-5 塑性指数－付着粘土質量

試料の付着粘土質量の最大値の関係を図-5 に示す。この図より、塑性指数が大きいほど最大付着粘土質量が比例的に増加するということが分かる。

4. まとめ

実験結果から、3 つの試料の共通点として各液性指数が 1.0 付近で攪拌翼に付着する粘土質量が最大となること、その粘土付着量は塑性指数に比例して増加することが明らかとなった。これは共回りの条件を検討するために必要な基礎的なデータとなるものである。ただし、本実験は改良材（セメントミルク等）を加えていない。改良材等を混合した場合には、傾向が異なる可能性があることには注意が必要である。また、模型実験における最大付着粘土質量と現場での共回りとの相関性を明らかにする必要がある。