

## 変位低減型深層混合処理工法の攪拌混合効率に関する一考察

清水建設(株) 正会員 ○遠西 幸男 正会員 上村 一義  
 あおみ建設(株) 高橋 強  
 (株)テクノックス 正会員 上 周史  
 (株)不動テトラ 高橋 辰夫

### 1. はじめに

深層混合処理工法（CDM工法）は、軟弱地盤にセメントスラリーを吐出して、攪拌混合翼の回転により軟弱地盤と攪拌混合しながら、化学的な結合作用を利用して強固な地盤を形成する地盤改良工法である。一方、変位低減型深層混合処理工法（CDM-LODIC工法）は、地盤に吐出するスラリー量と同等の土を排出することにより、周辺地盤への変位低減を図り、近接構造物に影響を与えることなく施工することを可能にしたものである。筆者らは、大径単軸変位低減型深層混合処理工法の開発と現場実証実験を行い、施工・品質面で非常に良好な結果を得られたことを報告した<sup>1) 2)</sup>。今回、攪拌混合効率の特性であり、重要な施工管理項目のひとつである羽根切り回数と強度のばらつきについて再検証した結果を報告するものである。

### 2. 各工法の施工方法の比較と羽根切り回数

#### (1) 施工方法の比較

CDM工法は、図-1に示すように、攪拌翼を地中に貫入しながらセメントスラリーを吐出して攪拌混合する貫入吐出方式である。これに対しLODIC工法は、図-2に示すように、引抜き時のみにセメントスラリーを吐出して攪拌混合する引抜き吐出方式である。

#### (2) 羽根切り回数

羽根切り回数とは、攪拌混合度合を示す指標であり、スラリーを吐出してから、攪拌翼が改良対象地盤の任意の1m区間を通過した回転数の総数の値（式-1）であり、LODIC工法では、引抜き時のみの回転数の総和になる。羽根切り回数が大きければスラリーと地盤が良く攪拌混合されて、強度のばらつきを示す変動係数が小さくなり、逆に、この値が小さいと混合不足になり変動係数が大きくなる。

$$\text{羽根切り回数} = \{ \text{攪拌翼回転数 (回転/分)} \times \text{攪拌翼枚数} \} / \text{攪拌翼昇降速度 (m/分)} \dots \text{式-1}$$

また、羽根切り回数の標準的な基準値は、改良体強度の変動係数を40%と設定して350回/mとし、これを施工管理値としている。

### 3. 攪拌混合効率に関する一考察

#### (1) 羽根切り回数と変動係数

①大径単軸LODIC工法の実証実験では、羽根切り回数を変えて試験改良体を3本造成した。その結果と本工法のLODIC工法およびCDM工法のデータも加えた羽根切り回数と強度の変動係数の実測値を表-1に示す。ここで、羽根切り回数と変動係数の関係を示すグラフ<sup>3)</sup>に、表-1の実測値をプロットして比較した結果、図-3に示すようにCDM工法よりも変動係数は小さい値となり、LODIC工法の攪拌混合効率は良好であることがわかった。

②この理由としては、LODIC工法は、貫入時にはスラリーを吐出

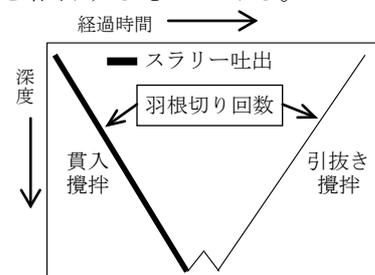


図-1 CDMの施工方法

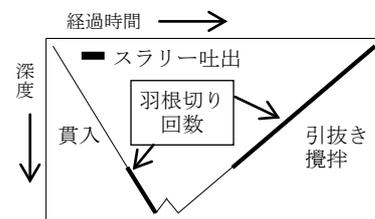


図-2 LODICの施工方法

表-1 羽根切り回数と変動係数

改良体	羽根切り回数 (回/m)	平均変動係数 (%)
試験杭 A	600	11.1
試験杭 B	500	14.3
試験杭 C	400	15.1
本工事LODIC	350	17.7
本工事CDM	350	28.0

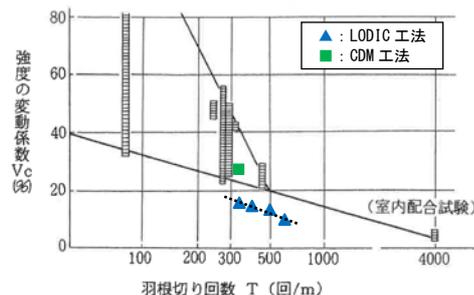


図-3 羽根切り回数と変動係数の関係

キーワード：深層混合処理、地盤改良、変位低減型、変動係数、羽根切り回数

連絡先：〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 清水建設(株) 土木東京支店 基礎工事部 TEL03-5441-0476

しないで攪拌翼の回転で原地盤を攪拌してほぐすことにより、その後のスラリーを吐出してからの攪拌混合効果に良い影響を与えていることが考えられる。すなわち、従来、LODIC工法では考慮していなかった攪拌翼貫入時の羽根切り回数が、強度の変動係数の減少に貢献していると言える。

③そこで、スラリー吐出前の貫入時の羽根切り回数とスラリーを吐出してからの引抜き時の羽根切り回数について着目し、その合計羽根切り回数と強度の変動係数の関係を表-2に示す。この値を従来の関係図にプロットしたものを図-4に示す。これより、貫入時も考慮した新たな関係グラフの方が従来の関係図に近接しており、合計羽根切り回数での評価が妥当と判断できる。

**(2) 効果**

合計羽根切り回数と地盤改良体強度の変動係数の関係グラフから、以下の効果が得られる。

①施工能率向上

スラリー吐出前の攪拌翼貫入時の羽根切り回数も地盤改良体強度の変動係数に貢献することから、貫入時と引抜き時の合計羽根切り回数により施工管理することで、従来の引抜き時羽根切り回数の管理値を減らすことができる。すなわち、改良体の強度のばらつきから羽根切り回数を設定する施工管理方法においては、例えば、従来の350回から250回程度に下げることができる。その結果、引き抜き速度を速くすることが可能になり、施工能率の向上につながる。

②セメント添加量の減少

一方、羽根切り回数を基本に施工管理する場合、同じ羽根切り回数ではLODIC工法の方が小さい変動係数になる。そのため、改良体の設計基準強度(quick)に対して、図-5に示すように地盤改良体強度の変動係数(V<sub>c</sub>)を設定し、配合設計を行うと変動係数が小さいほど現場の改良体強度(quf)および目標室内配合強度(qul)は小さい値で設定される。次に、図-6に示すように室内配合強度と添加量の関係グラフから、セメント添加量を求めると最終的にセメント添加量が減少することになる。

**4. まとめ**

LODIC工法の攪拌混合効率について再検証し、以下のことが判明した。

- ①貫入時と引抜き時の合計羽根切り回数で施工管理することで、従来よりも引抜き時羽根切り回数を減らすことができる。その結果、施工速度を速くことができ、施工能率が向上する。
- ②同じ羽根切り回数で施工管理する場合、変動係数の設定が小さくてすみ、配合設計においてセメント添加量を低減させることができる。

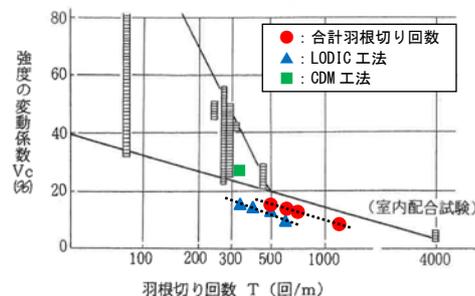
今後、従来のLODIC工法よりも羽根切り回数を減らしたデータについても検証する予定である。それに基づいて、貫入時の羽根切り回数の貢献度合を把握して、実施工の施工管理に反映していく。

**参考文献**

1) 上他：大径単軸変位低減型深層混合処理工法(CDM-LODIC)の開発と実証実験の概要, 土木学会第65回年次学術講習会, III-501, 2010.9 2) 上村他：大径単軸変位低減型深層混合処理工法(CDM-LODIC)の現場実証実験, 土木学会第65回年次学術講習会, III-502, 2010.9 3) 中村他：深層混合処理工法における攪拌効率の向上についての研究, 第17回土質工学研究発表会, pp2585~2588, 1982.4

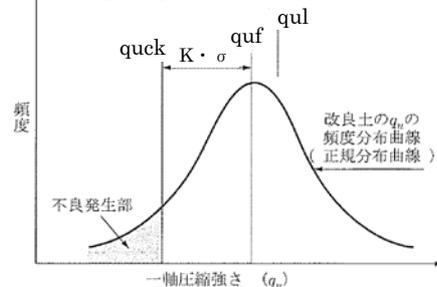
**表-2 合計羽根切り回数と変動係数**

改良体	合計羽根切り回数(回/m)	平均変動係数(%)
試験杭 A	600+500=1100	11.1
試験杭 B	500+300=800	14.3
試験杭 C	400+300=700	15.1
本工事LODIC	350+150=500	17.7

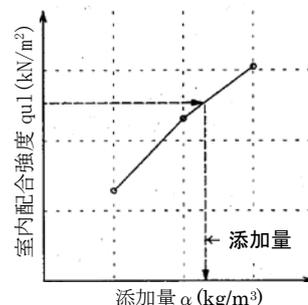


**図-4 合計羽根切り回数と変動係数の関係**

$$quick = quf - K \cdot \sigma \text{ より, } (\sigma = quf \cdot V_c) \\ \rightarrow quf = quick / (1 - K \cdot V_c)$$



**図-5 設計強度と現場強度の関係**



**図-6 室内配合強度と添加量の関係**