

ハイブリッド式中層地盤改良機の改良強度に関する評価

矢作建設工業(株) 正会員 ○中村圭吾 桐山和也
ヤハギ道路(株) 正会員 市野敏明
ヤハギ緑化(株) 正会員 服部啓二

1. はじめに

軟弱地盤上に荷重強度の高い構造物を構築する場合、原地盤土とセメント系固化材とを攪拌混合して改良地盤を造成して構造物を支持させる工法を採用する例が多くなっている。この改良工法のうち、中層地盤改良は概ね深さ 2m～10m 程度を対象とし、これに分類される在来工法はいくつか存在している。

本研究では、2 種類の攪拌方式を複合させたハイブリッド式中層地盤改良機の実験施工を行い、改良体の品質等その性能の検討を行った。

2. 地盤改良機

中層地盤改良では、ベースマシーンにバックホウを用いた工法が主流となっている。在来工法は、アーム先端に装着する攪拌装置にトレンチャーを用いた工法とロータリーを用いた工法に大別される。

今回実験を行ったハイブリッド式中層地盤改良機は、トレンチャー式装置とロータリー式装置を複合させた機械である。攪拌装置と攪拌方法の模式図を図-1 に示す。この機械は、攪拌装置先端から吐出される固化材スラリーを混合能力の高いロータリー式装置により現地盤土と効率的に攪拌混合すると同時に、上下方向への攪拌移動能力の高いトレンチャー式装置を回転させることで、上下方向の改良品質の均一性を図っている。

3. 実験概要

実験は、2 つのシリーズについて行った。シリーズ 1 がトレンチャー式とロータリー式を複合した攪拌装置で攪拌回数（以下、羽切り回数）を変化させた場合の改良品質の変動の調査、シリーズ 2 が深さ方向の改良品質の調査である。実験地盤は礫混じりシルト質砂地盤を掘削し、10cm 程度以上の礫を取り除いて盛土地盤を造成した。盛土地盤の湿潤密度は 1.809g/cm^3 ，含水比は 21.2%であった。なお、事前調査ボーリングより、盛土地盤の N 値は 2～6 の範囲であった。

実施した地盤改良の概要を表-1 に示す。固化材には高炉セメント B 種（密度 3.04g/cm^3 ，比表面積 $3,950\text{cm}^2/\text{g}$ ）を使用した。改良深さは 2～6m の範囲とした。表-1 の羽根切り回数は、現地盤土 1m^3 に対するロータリー攪拌翼とトレンチャー攪拌翼の合計通過回数である。

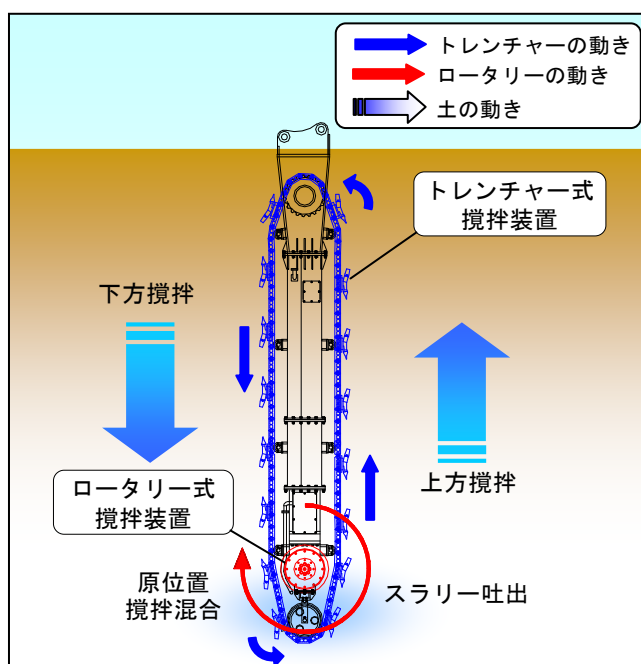


図-1 攪拌装置と攪拌方法の模式図

表-1 地盤改良の概要

項目	単位	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
改良深度	m	2.0	2.0	4.0	3.0	4.0	6.0	6.0	6.0
区割面積	m ²	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
羽根切り回数	回/m ³	72	147	206	301	423	234	258	231
水固化材比 (W/C)	%	105.3	105.3	105.3	105.3	105.3	190.2	203.6	214.1
固化材添加量	kg/m ³	170	170	170	170	170	122	112	106
28 日室内配合強度	kN/m ²	3830	3830	3830	3830	3830	1567	1279	1107

表-2 羽根切り回数と改良品質(シリーズ1)

実験 番号	撈拌回数 (回/m ³)	圧縮強度 (kN/m ²)	λ ※	変動 係数
No. 1	72	2596	0.68	0.46
No. 2	147	3154	0.82	0.35
No. 3	206	3462	0.90	0.31
No. 4	301	3833	1.00	0.26
No. 5	423	4193	1.09	0.19

※： $\lambda = \frac{\text{平均現場強度}}{\text{室内配合強度}}$ である。

4. 実験結果

(1) シリーズ1

シリーズ1では、現地盤土 1m³当りの羽切り回数を変化させ、改良強度の変動について調査を行った。羽切り回数と改良品質について整理したものを表-2に、羽切り回数と圧縮強度の分布について整理したものを図-2に示す。

図表より、羽根切り回数が多くなるにつれ変動係数が小さくなり、現場強度の平均値が室内配合強度に近づき改良品質が向上していく。現場室内強度比 λ をみると、在来工法が $\lambda = 0.5 \sim 0.8$ ¹⁾であるのに対してハイブリッド式撈拌機では羽切り回数が 147 回/m³で $\lambda = 0.82$ とそんな色ない値である。また既存の調査結果²⁾より、深層混合処理工法(改良深度が2~3m程度以上の改良³⁾)の変動係数は0.25~0.35の範囲が多いことを考慮すると、羽切り回数 150 回/m³以上がハイブリッド式撈拌機の品質管理の目安になると考えられる。

(2) シリーズ2

シリーズ2では、3水準の単位固化材量で深さ6mの地盤改良を行い、深さ方向の改良強度の変動について調査を行った。改良深さと圧縮強度の分布を図-3に、室内強度と改良強度を対比したものを表-3に示す。

図表より、現場室内強度比 λ の範囲をみると、No.6は0.80~1.12、No.7は0.85~0.97、またNo.8は0.92~1.15に分布しており問題のない品質の改良土となった。また、現場圧縮強度に対する各深さ平均の強度比をみるとNo.6が0.98~1.03、No.7が0.97~1.04、No.8が0.91~1.06といずれも±10%の範囲内にあり、深さ方向に大きなバラツキはなく、上下方向もほぼ均質に撈拌されていた。

5. まとめ

ハイブリッド式中層地盤改良機の性能の検討を行った結果、羽切り回数 150 回/m³以上を確保すれば良好な品質の改良体が造成できることが確認できた。今後さらにその性能について検証を進めたいと考える。

参考文献：1) 例えば(社)セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル、第3版、pp.46~48、2007.10 2) (社)地盤工学会：地盤改良効果の予測と実際、地盤工学・実務シリーズ 11、pp.215~216、H12.2 3) (社)セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル、第3版、pp.101~13、2007.10

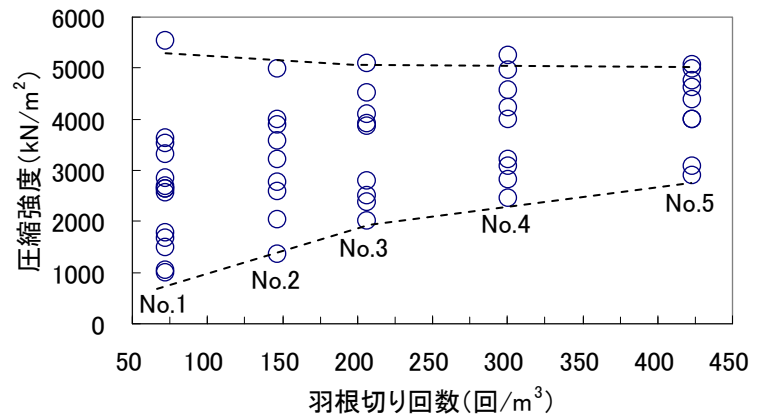


図-2 羽根切り回数と圧縮強度の分布

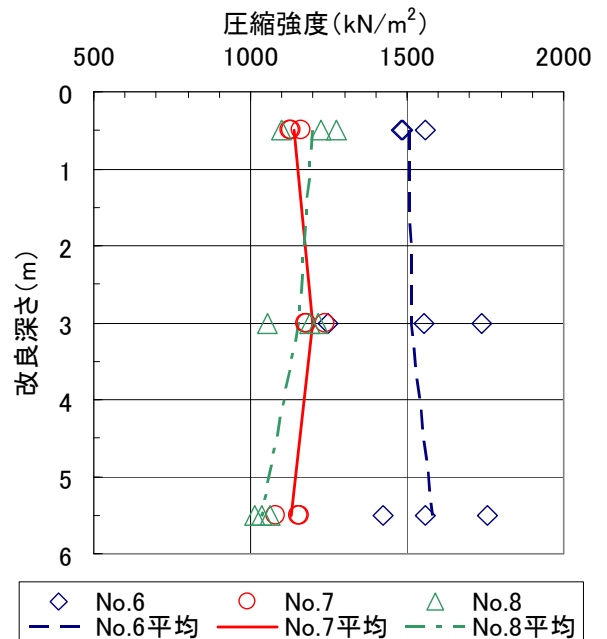


図-3 改良深さ方向の圧縮強度の分布

表-3 室内強度と改良強度の対比

配合			No. 6	No. 7	No. 8
室内配合強度 (kN/m ²)			1567	1279	1107
現場圧縮強度 (kN/m ²)			1534	1156	1130
λ の 範 囲	GL-0.5m	上	0.95	0.88	0.99
		下	0.99	0.91	1.15
	GL-3.0m	上	0.80	0.92	0.95
		下	1.11	0.97	1.10
	GL-5.5m	上	0.91	0.85	0.92
		下	1.12	0.91	0.96
平均		0.98	0.90	1.02	
強度比※の範囲		上	0.98	0.97	0.91
		下	1.03	1.04	1.06
供試体数(本)			9	9	9

※：各深さの平均強度/現場圧縮強度