

7. 拡幅式地盤改良工法(SWING工法)の開発

大成建設(株) 小寺 秀 則・川崎 宏 二・*矢倉 哲 夫
切田 重 實

1. まえがき

最近我が国の都市土木工事では、立地難のため対象とする地盤がますます悪くなり、埋立地やビート地盤等の軟弱地盤上に大規模な構造物が建設されたり、既設埋設物が入り組んだ地盤で施工したりすることが多くなっている。このような背景のもとで、地盤改良工法に期待される効果は次第に大きくなりつつあり、新しい有用な工法を開発普及することが望まれている。

SWING工法はその試みの一つとして、深層地盤の改良を目的に開発されたもので、従来の工法の長所を取り入れた適用範囲の広い工法を目指している。

2. 本工法の位置づけ

深層地盤改良工法には改良原理で分類すると、1. 機械的な方法、2. 圧密による工法、3. 締め固めによる工法、4. 化学的改良工法、5. その他の物理的工法、の各工法があるが、環境保全の面で公害を出さず信頼性の高い工法として、近年では化学的改良工法が広く用いられつつある。

化学的改良工法を分類すると、主なものとして深層混合処理工法、高圧噴射攪拌工法、薬液注人工法等がある。

深層混合処理工法は、石灰やセメントなどの粉末状や懸濁液状の化学的固化材を、改良しようとする土に添加し、現位置で混合して改良土を深層地盤中につくる工法で、固化材、その供給方法、混合方法によりいくつかの工法が開発されている。

高圧噴射攪拌工法は、ボーリングマシンにより所定の深度まで削孔した後、ロッドの先端から固化材を超高圧で噴射し、地盤を切削しながら土粒子とグラウト材料とを混合攪拌したり、置換により地盤の強度を増やしたり止水性を高めたりする工法である。

薬液注人工法は、最初に地盤への浸透性がよく、一定の時間後に固結する材料を細い管を通じて地盤中の所定の位置に圧入し、地盤の一部の強度増加や止水を図る工法で、広範囲で使用されている。

これらの工法を比較すると、表-1のようになる。これによると、高圧噴射攪拌工法と薬液注人工法とは多くの点で類似した特徴を持っており、深層混合処理工法と対比することができる。

深層混合処理工法は、大むね広いスペースを持った現場に適しており、コストも安く一般的であるが、大型機械を使用しているため小回りが難しく、また最近多い、既設埋設物のある地盤などには不向きである。

一方、高圧噴射攪拌工法や薬液注人工法は、施工機械も小型で小回りがきき、既設埋設物の周辺の施工も十分に可能であるが、高圧で地山を掘削するために、近隣の構造物に影響を与えたり、地下水によって思わぬ所で固化材が流入したりするケースもあり、周辺状況をよく把握する必要がある。

そこでこれらの長所を合わせ持つ工法が開発されれば画期的な工法として広く受け入れられるもの

と考え、開発したのが拡幅式地盤改良工法—SWING—である。

表-1 各工法の比較

項目 \ 工法	深層混合処理工法	高圧噴射置はん工法	漿液注入工法	SWING工法
改良ゾーンの範囲	地表面から大口径の改良範囲となり、不必要な所まで地盤をゆるめる。△	地表面からは小口径で、所定の深さで大口径に施工し、不必要な所はゆるめない。○	ロッドによる注入であるため、不必要な所はゆるめない。○	地表面からは小口径で、所定の深さで大口径に施工し、不必要な所はゆるめない。○
改良ゾーンの 確實性	改良ゾーンが確實で、固化材も有効に使用できる。○	改良ゾーンが充分はっさりしているとは言えない。固化材の投入量が大きく、置はんが悪い。△	注入ゾーンがはっさりしないため、その効果はいま一つである。注入材が走って2次公害の恐れもある。△	改良ゾーンが確實で、固化材も有効に使用できる。○
改良強度	改良強度に幅をもたせることが可能。○	高強度になってしまい、強度調整ができず、将来掘削する場合に問題が生じることがある。△	改良強度に幅がない。△	改良強度に幅をもたせることが可能。○
適用範囲	取説構造物がある時、施工が無理の場合もある。△	取説構造物があっても充分施工が可能。○	注入工法のため、左配と同様施工が可能。○	取説構造物があっても充分施工が可能。○
バースマシン	大型 △	中型 ○	小型 ○	中型または小型 ○

3. 本工法の概要

本工法で使用する機械は、図-1に示すように、拡幅装置を備えた本体、固化材プラント、圧送プラントおよび施工管理用流量計から成る。

拡幅装置は写真-1、2に示すように、一枚羽根の攪拌翼が拡幅装置内に収納されており、必要時に油圧ジャッキにより90°回転させて拡げ、拡幅施工する。

施工方法は、図-2に示すように、まず攪拌翼を収納した状態で削孔し、所定の深度に達したところで攪拌翼を拡げ、改良範囲を拡幅削孔しながら固化材を注入し、施工するものである。

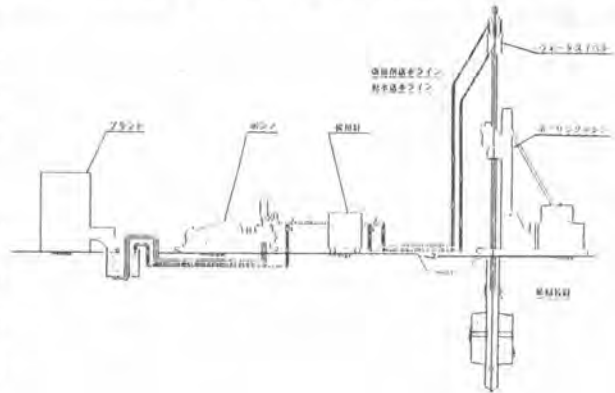


図-1 装置配置図

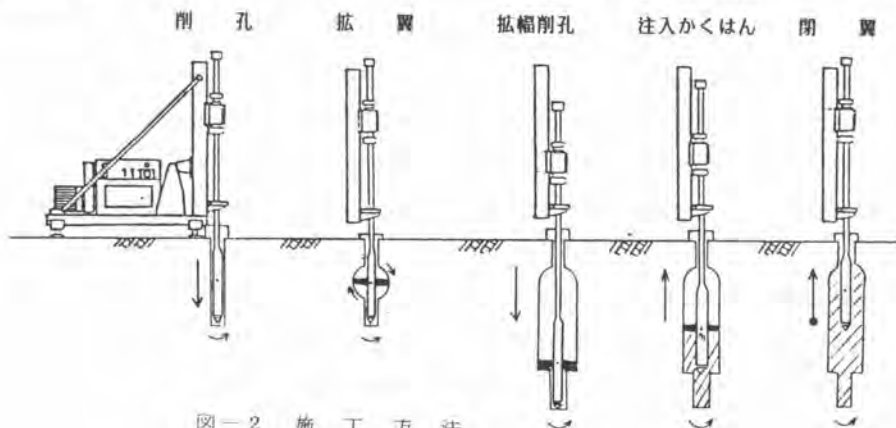


図-2 施工方法



写真-1 拡幅装置(φ1000)



写真-2 拡幅装置(φ2000)

4. 本工法の特徴

以上のような施工法により、本工法は次のような特徴をもっている。

- 1) 比較的小型のベースマシンにより、改良範囲も融通がきく。
- 2) 小口径のロッドを用い、しかも改良ゾーンは大口径である。(現在φ1000とφ2000の2種類のものがある。)
- 3) 改良ゾーンが確実に形成され、改良強度に信頼があり、止水性も確保できる。
- 4) 地中に既設埋設物があっても、その部分が施工の障害にならず、またその近辺も施工が可能である。さらに埋設物と連続して施工ができる。
- 5) 改良の不必要な地盤を素通りして施工の対象から外すことができる。
- 6) 地盤中の任意の位置で改良地盤を形成でき、強度と止水性が保たれる。
- 7) 対象地盤として、粘性土でN値4以下、砂地盤でN値10以下の軟弱地盤が施工できる。

5. 現場実験

神奈川県大和市において、本工法の現場実験を行なったので、その結果について述べる。

1) 土質条件

実験の対象地盤は、神奈川県大和市のN値4～6、GL-1^m～-5^mの関東ロームで、含水比13.4%、湿潤密度1.26のほぼ均一な地層である。

2) 実験方法

実験に使用した拡幅装置は2種類で、攪拌翼を収納した状態でφ300、φ500、拡幅後の直径がそれぞれφ1000、φ2000のもので、吐出口位置、攪拌昇降速度、回転数、攪拌回数、注入量等を変化させて、改良実験を行なった。

3) 配合

注入固化材として、 $\phi 1000$ の場合普通ポルトランドセメント、減水早強型混和材をセメント重量の1%添加し、水セメント比を6.0とした。 $\phi 2000$ の場合、特殊セメントを使用して実験を行なった。

現場実験後材齢8週でコアサンプリングにより一軸圧縮強度試験を行ない、現場強度Fとした。これと併行して室内で小型ミキサーにより充分攪拌した配合試験を行ない、室内強度Rを求め、攪拌効率入に F/R を算出した。実験結果を表-2に示す。

表-2 実験結果

ケース	拡幅径 (ϕ (mm))	投入 セメント量 (kg/m ²)	施工 パターン	セメント 吐出口	回転数 (r.p.m)	昇降 速度 (cm/分)	T 混合時間 (分/m)	R 室内強度 (kg/cm ²)	F 現場強度	$\lambda = \frac{F}{R}$
NO.1	1000	260		翼裏	30	45.0	6.67	6.73	7.22	1.07
2	1000	280		ッ	15	20.7	4.83	9.20	5.72	0.62
3	1000	300		ロッド 先端	30	23.4	12.82	9.74	11.99	1.23
4	1000	320		翼裏	15	21.8	13.76	12.73	14.85	1.17
5	1000	340		ッ	30	29.0	3.45	13.72	12.20	0.89
6	2000	400		ッ	30	20.1	14.93	19.35	20.66	1.07

パターン説明

 削孔・拡幅

 注入・攪拌

6. 実験の考察

1) 攪拌回数の影響：攪拌効率入を比較すると、1回の場合には入 < 1.0 、3回の場合では入 > 1.0 となっており、攪拌回数の効果が認められた。

2) 吐出口位置の影響
 $\phi 1000$ の場合、ロッドの先端の場合も入は翼裏からの場合と同様であり相違はないが、圧縮強度はロッドの先端の場合供試体の上下方向、中心からの位置方向にかたよりが見られた。(図-3, 4)



写真-3 改良後の地盤
($\phi 1000$)

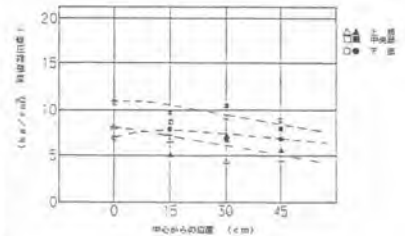


図-3 一軸圧縮強度の分布 ケースNo.1

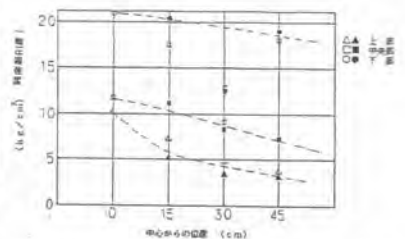


図-4 一軸圧縮強度の分布 ケースNo.3

7. 参考文献

- 小寺・川崎「深層混合処理工法における攪拌効率について」 第18回土質工学研究発表会講演集
 小寺・川崎・矢倉「拡幅式深層混合処理工法による地盤改良実験」 第19回