

## 12. 一次シラス地盤へのセメント注入と装置

佐藤工業 久保田 清 三

### 1. まえがき

南九州に広く分布するシラスは、災害の起きやすい特殊土として知られている。特に注入による一次シラス地盤の改良は困難とされて、調査した範囲では、実施例はほとんどなく、推積した沖積シラス地盤に、ロッド工法とロッドストレーナー工法によって、溶液型水ガラス系CW-3、CW-2Aを注入した実績がある。小野田セメント㈱では、昭和54年8月、鹿児島市星ヶ峰ニュータウン造成地（一次シラス）で、超微粒子セメント-アロフィクス-MCを用いた注入試験を実施した。注入工法は、二重管ロッド工法とダブルパッカー工法によって行なった。その結果、グラウトは注入管口元から漏出が目立ち、ダブルパッカー工法では注入が困難であった。又、二重管ロッド工法では、グラウトのリークを繰り返しながら注入を終った。これは注入材の性能以前の問題として、所定のパッカー効果と注入圧との関係が、一次シラスの地盤改良に適応できなかったものと考えられた。

そこで、ADG工法とアロフィクスMCとの優れた材工両面のタイアップにより、昭和55年7月～8月に同星ヶ峰ニュータウン造成地内で注入試験を実施した。

注入一ヶ月後に注入ヶ所付近を計画的に掘削して、注入効果がどうであるか観察した。その結果、注入材は、蜘蛛の巣状に錯綜した脈状（割裂）注入と、その脈状部から周辺地盤への浸透注入が確認され、一次シラス地盤への注入の実用化の見通しが得られたので、ここにその概要を報告する。

### 2. 土質

試験場所のシラスは、現地調査を行なった結果、山中式土壌硬度計による硬度測定値は26.5～29.3 mmの範囲であった。これは、建設省の分類による「中硬度シラス」、春山教授の分類による「ふつうシラス」に相当するもので、一次シラスの標準的なものである。

### 3. 施工概要

削孔は、一般の砂と比べて容易である。含水比の低い地山であるが、削孔水が地山に吸収されることなく、孔内を上昇して地上に排出され、ジャミングがなく、孔壁の急速な崩壊がない。削孔水を多くすると孔壁が荒れるので、削孔水は極力少なくした。しかし、削孔の際、火山弾を巻き込んだと思われるショックと共に、パッカーのゴム部分が破損したことが1回あった。

試験に使用した実際の注入材及び注入量を表-1に示す。計画注入量は、A,Bブロック；注入率50%、Cブロック；1～4ステップ注入率30%、5、6ステップ注入率80%、D,E,Fブロック；注入率30%、と設定した。

表-1 注入量一覧表

区画	*ステップ毎の注入量 (kg)						計画注入量 (kg)	実際の注入量 (kg)
	1	2	3	4	5	6		
A-1	185	185	185	185	185	185	1110	1110
A-2	50	100	150	200	250	300	1050	1050
B-1	182	182	182	182	182	182	1092	1092
B-2	180	180	180	180	180	180	1080	1080
B-3	248	180	180	180	180	180	1248	1248
C-1	268	270	270	270	270	270	1617	1617
C-2	268	270	270	270	270	270	1617	1617
C-3	160	348	370	266	710	710	2764	2764
D-1	214	230	240	270	270	270	1644	1644
D-2	138	370	174	370	184	332	1888	1888
E	410	370	370	270	270	270	1980	1980
F	270	270	270	270	270	248	1596	1596
計入の 総量 (kg)	GL 26	GL 23	GL 30	GL 33	GL 40	GL 45		27357
							0.31	27357



複流回転継手は複数の流路の独立が保障され、注入ホース取付部は固定され継手部、スピンドル部は回転する構造になっており、高圧型、中圧型の2種がある。（写真-1、2、参照）



写真-1 複流回転継手



写真-2 SSロッド

### 5-2 アクアパッカー

アクアパッカーは、両端部は加硫接着され、接着部以外は長さ10mにわたり、水圧によってロッド径(φ60mm)の倍以上(φ110mm以上)も膨らみ、孔壁に追従して常に孔壁に圧着できるため、注入液のリークを完全に阻止できる。さらに、アクアパッカーは地山に左右されることなく、任意の所定位置に自由にセット可能であり、地表面近くの注入もできる。アクアパッカーの圧着圧は実用的には30~40%までで十分であるが、100%まで可能である。

#### (1) 現場透水試験

アクアパッカーを所定のところにセットして注水し、注水圧、注水量を測定することによって透水性を試験する。

#### (2) 孔内載荷試験

アクアパッカーを加圧膨張させ、その際の地盤の変形と圧力の関係を測定すると共に、地盤の破壊抵抗を測定する。地盤の変形は、アクアパッカーを膨らませるに要する送水量を測定し、変形に対応する圧力は、その加圧力によって知ることができる。

### 5-3 アクア注入管先端装置 ADG60φ、ADG50φ

アクア注入管先端装置は、アクアパッカー部とアクアサブ、特殊混合装置、削孔用ビットで構成されている。アクアサブはSSロッドとの継手であり、アクアパッカー部は高圧型、中圧型の2種類がある。（写真-3参照）



写真-3 アクア注入管先端装置

### 5-4 分流加圧管理装置

分流加圧管理装置は、アクアパッカーの加圧を自動的に加圧できる、空気圧駆動式水圧ポンプである。

図-4に示すような装置で、圧縮空気0.5~7%までの圧力によってアクアパッカーの加圧をコンスタントに作り出すものである。

パッカーの加圧は、地盤条件と注入圧を考慮して、圧力を設定すると、設定圧のまま保持し続ける。もしパッカーからの漏洩、膨張による圧力低下が生じた時

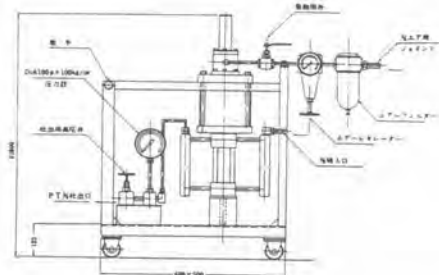


図-4 自動加圧装置

は、ただちに反応して、所定の圧力まで昇圧する。

使用空気量は極少量で、普通のペビーコンプレッサーで充分である。さらに、削孔圧力、注入圧力等を集中的に管理する装置である。

## 6. 掘削調査

注入1ヶ月後に、注入箇所付近を計画的に掘削して、注入効果を観察した。掘削と調査の順序を図-5に示す。

注入材は縦方向に壁状に割裂注入され、平面上でみれば、放射状、網目状に交錯し、ある範囲まで浸透固結していた。また、注入材は、半径3mの範囲に到達していた。これは、計画した円柱形の直径の4倍の範囲まで注入が及んでいることを示している。

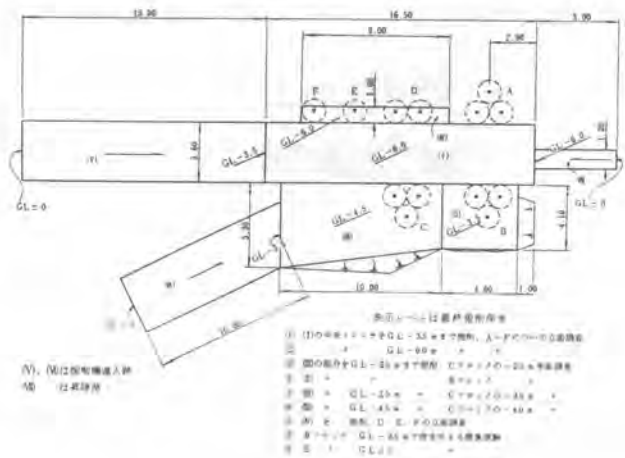


図-5 掘削調査

## 7. 流水による浸食試験

掘削平面 (GL-25m) にごく緩い傾斜を付け、毎分 300 ~ 400 ℓ で総量約 2,000 ℓ の水を流し、強度の降雨時における表面流水状況を再現させた。その結果、表面の注入されていないシラスは、土粒子が運び去られていた。ところが、注入材が網目状になっている所では、周囲に壁を構成し、シラス粒子の流出を防止しているのが認められた。

## 8. 考察

シラス地盤改良の目的の一つに止水、または、止水壁の形成がある。このためには、複列注入を行ない、必要に応じて複合注入を併用することにより、連続的に遮水帯を形成すれば止水の目的は達成されると考えられる。

今回の試験結果から、注入圧力によって縦の割裂が容易に発生し、注入を可能にしたと思われる。また、注入量を増加したり、注入材のゲル初期強度のあるものを割裂注入し、さらに、浸透注入することにより、止水壁がより強固なものになると考えられる。シラス地盤は、一般に含水比が低く、空隙率が高いが、透水係数は小さいとされ、注入作業において、注入管の周囲の針穴のような隙間でも簡単に注入材が地上に漏出してくるのが通常であった。そこで A D G 工法により今回の試験施工が大きな成果を得ることができた理由として次の様なことがあげられる。

- (1) グラウトの上方へのリークを押えた ; A D G 工法の優れたパッカー効果によって、上方へのグラウトのリークが防止できた。
- (2) 下降ステップ注入 ; 上部より確実に注入施工することにより、下部の有効な注入が可能であった。それは上部の注入施工済の層が、強固なカバーロックの役目を果たしているためである。
- (3) 完全混合する ; 特殊先端装置で、グラウトが完全に混合する。

以上のような特徴をもって、A D G 工法によって、これまで不可能とされていた一次シラス地盤への注入ができたものである。