

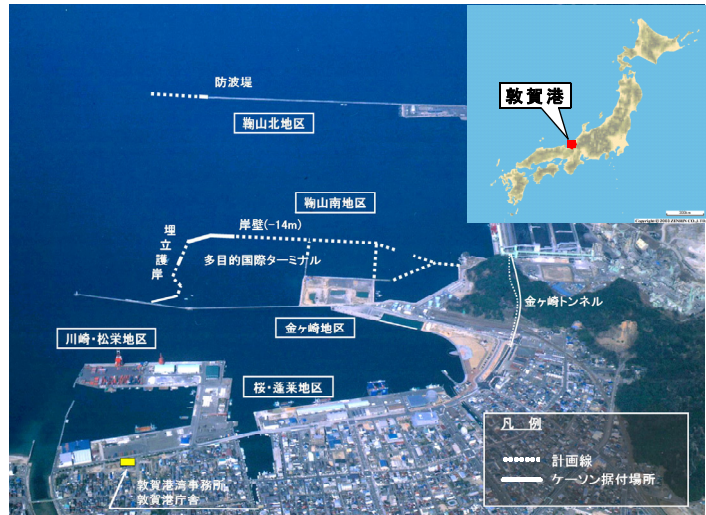
# 海底地盤でのジェットグラウト工法の施工について

敦賀港湾事務所 建設管理官 清水 利浩

## 1、はじめに

江戸時代から天然の良港として栄えてきた敦賀港は、敦賀湾の最奥部に位置し、海底土層は沈降湾特有の腐食物を混入する粘性土や砂等の堆積物が多く、非常に地盤の軟弱な港湾である。

現在は、写真に示す鞠山南地区に「多目的国際ターミナル」として-14m岸壁（重力式ケーソン構造）を整備中であり、この岸壁基礎の一部が軟弱層で、円形すべりの危険性が認められたため地盤改良を行った。

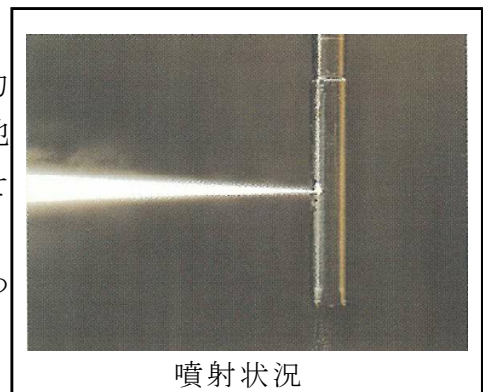


地盤改良にはジェットグラウト工法のうち「JSG工法」を一部採用した。このJSG工法は、陸上施工においては一般的な工法であるが、海上施工は施工実績がほとんどなかったことから、海上施工時の留意点などについて報告する。

## 2、工法概要

### 2.1、基本原理

ジェットグラウトの基本原理は、水に高い圧力を加えて得られる強力なエネルギーによって、地盤の組織を破壊し、地中に人為的空間を作り、そこに硬化材を充填して強固な固結体を作るもので、地盤を硬化材にできるかぎり置き換えるものである。

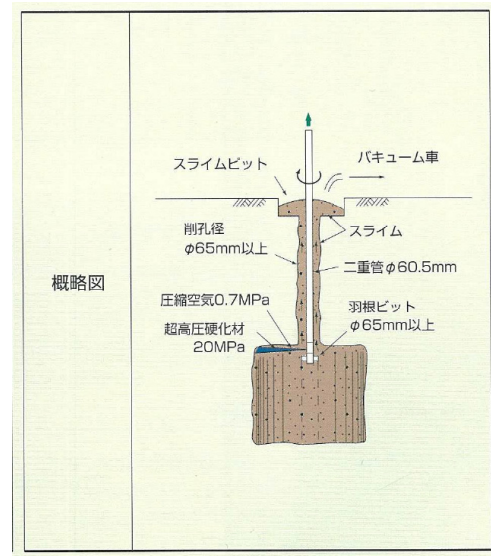


### 2.2、JSG工法 (Jumbo-Jet-Special-Grout Method)

ジェットグラウト工法とは、空気と液体の力で土を切削し地盤を改良する工法でありJSG工法とコラムジェットグラウト工法に分類されるが、ここでは、敦賀港で採用したJSG工法の特徴について述べる。

JSG工法は、二重管ロッドを使用し超高压硬化材+空気で構成されるシステムで、改良対象土は、軟弱粘性土からゆるい砂質土に最も適応する工法である。工法の概要を図-1に示す。

切削方法	超高压硬化材液と空気
使用ロッド	二重管ロッド
工法概要	空気を伴った超高压硬化材液を地盤中に回転して噴射させて、地盤を切削すると同時に、円柱状の固結体を造成する。
諸元	切削圧力 20MPa 硬化材噴射吐出量 60l/min



図－1 J S G 工法概要

### 3、設計の考え方

#### 3.1、土質条件と有効径の関係

J S G 工法は、硬化材の単位吐出量を一定に保ち施工するため、改良体の有効径は、造成対象の土層および施工条件により決定される。例として粘性土での標準的な有効径を表－1に示す。有効径は、過去の施工実績から改良対象地盤のN値により決定されるもので、硬化材吐出量と引き上げ時間を管理することにより、所定の改良径を確保するという考え方である。

表－1 粘性土での標準設計数値

項目	土質名	粘 性 土				
	N値	N<1	N=1	N=2	N=3	N=4
標準有効径(m) 深度 (0m<Z≦25m)		2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
引き上げ時間 (分/m)		30	27	23	20	16
硬化材単位吐出量 (m <sup>3</sup> /分)		0.06				

※○囲みは当該現場の地盤での有効径

#### 3.2、設計基準値

円形すべりにより改良体の強度が定められたため、硬化材は設計の粘着力を満たすJ G－1号（強度発現型標準タイプ）を選定した。（表－2）

表－2 改良体の設計基準強度

硬化材	土質	一軸圧縮強度 (MN/m <sup>2</sup> )	粘着力C (MN/m <sup>2</sup> )	付着力f (MN/m <sup>2</sup> )	曲げ引張強度 (MN/m <sup>2</sup> )	弾性係数E <sub>50</sub> (MN/m <sup>2</sup> )
J G－1号	砂質土	3	0.5	1/3C	2/3C	300
	粘性土	1	0.3			100

## 4、施工上の問題点

### 4.1、海底地盤での施工

#### 4.1.1、排泥システムの構築

海底地盤での施工と一般的な陸上施工との大きな相違は、改良によって発生する排泥を汲み上げる方法である。通常の施工では、二重管ロッドと原地盤の空隙を介して排泥が汲み上げられるが、海上での施工では海域を汚染することなく原地盤から水上までの間をどのように汲み上げるかが課題であった。そこで、本工事では通常JSG工法で使用する二重管ロッドの外側にケーシングを追加し改良深度まで削孔することで、排泥を汲み上げるガイドホールを確保する方法を採用した。(三重管方式)(図-2)

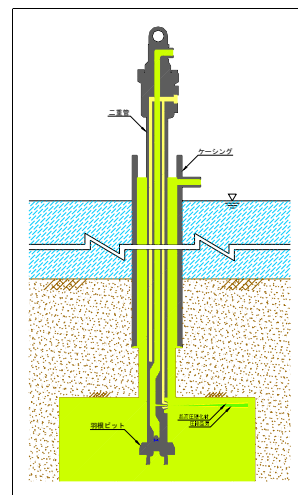


図-2 排泥システム

また、使用機械は三重管方式にすることから、通常の施工で使用する二重管専用マシンに替え、もう一つのジェットグラウト工法であるコラムジェットグラウト工法で使用する三重管併用マシンに変更して施工を行った。

#### 4.1.2、施工手順

陸上施工との施工手順の違いは、前述したように排泥システムを構築する工程が増えることである。海上での施工手順を図-3に示す。②で示すように排泥用のガイドホールを改良深度まで削孔するため、改良体1本当りの造成時間が通常施工より長くなることになる。

JSG工法施工手順(海上)

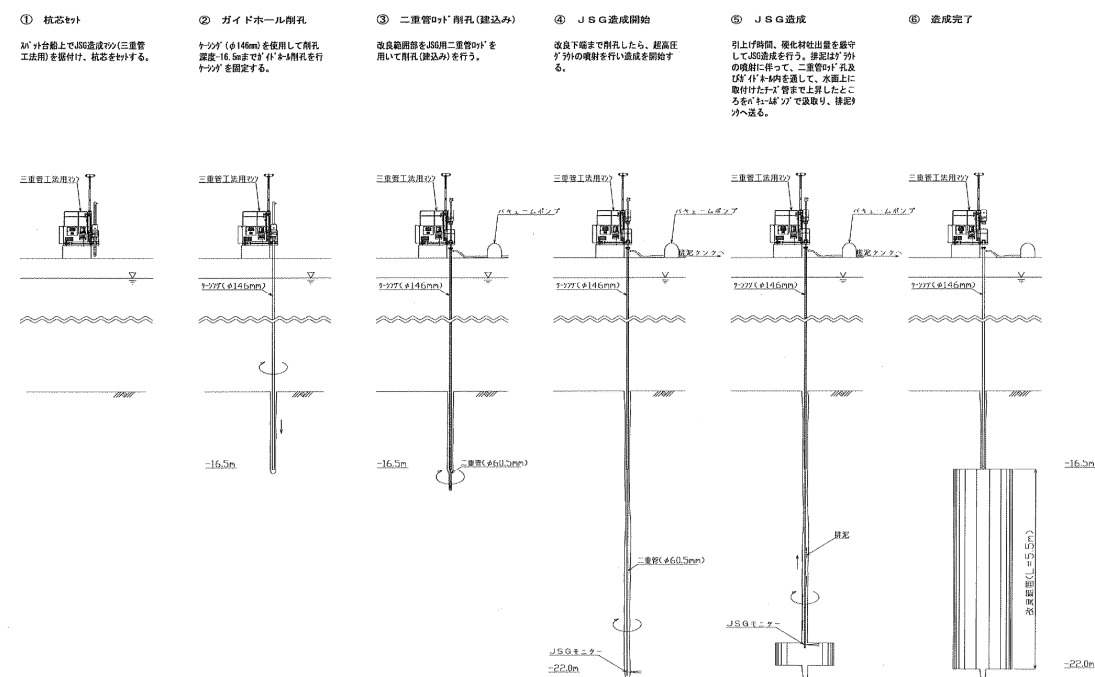


図-3 施工手順

### 4.1.3、船団構成および装備

4.1.1 で検討したシステムを稼働するために構成した船団、装備を図-4に示す。

## 5、施工結果

施工中は、硬化材の吐出量、ロッドの引き抜き時間および圧縮空気の供給量により施工管理を行った。なかでも、圧縮空気の供給量が減少すると超高压噴流水の切削距離が短くなるため所定の有効径が得られないことから細かな確認を行い施工を行った。排泥については計画どおりガイドホールを通過して汲み上げられ、危惧していた水中での濁りも発生しなかった。また排泥量は陸上施工での理論値と比較すると、海上施工での実績は約1.4倍程度多い結果となったが、これはバキュームポンプによる強制排泥が影響しているものと推測される。(表-3) 本工事での結果より、JSG工法の海上施工については問題なく使用可能と判断できる。

## 6、施工上の留意点

排泥の処分については、施工現場条件によって再生処理する場合や廃棄物処分とする場合があり事前に処分方法を検討しておく必要がある。当現場では現地での再生処理が不可能との判断から、特定の処理場に運搬し再生処理することとした。再生処理場が現場近辺にないときには産業廃棄物として処理することになるため、処理場の選定についても重要である。

また、本工法で使用する硬化材はセメント系であるため、長期間放置することができない。海上施工では施工手順が増えるため、改良範囲によっては排泥運搬が改良体造成後の夕方から夜半に及ぶ可能性がある。処理場の選定には、夜間受け入れ可能な処理場を考慮するとともに、改良一本当りのサイクルタイムの設定に留意する必要がある。

## 7、おわりに

海上工事でのJSG工法は、あまり実績がないことから、試行錯誤での施工であった。今回の工事実績が今後の同種工法の施工において参考となれば幸いである。

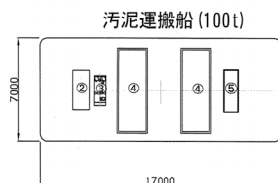
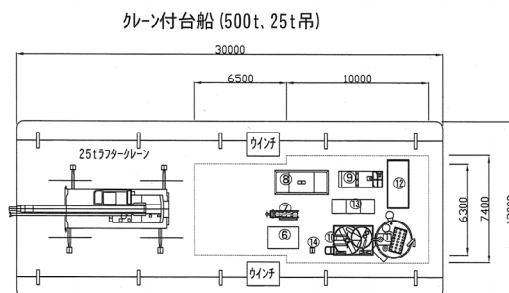
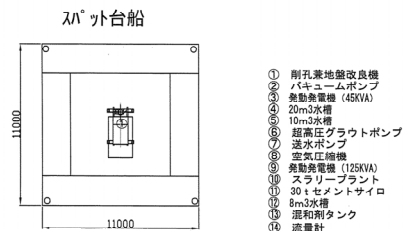


図-4 台船機装図

表-3 改良体1本当り排泥量比較

	排泥量(m <sup>3</sup> )
陸上施工(理論値)	17.5
海上施工(実績)	25.0