

低排泥低変位噴射攪拌工法「OPTジェット工法」 - 特長と適用事例 -

清水建設(株) 正会員 藤井 誠司
 清水建設(株) 正会員 川崎 廣貴
 清水建設(株) 正会員 飯泉 勝
 ライト工業(株) 藤澤 伸行

1. はじめに

土木構造物の老朽化対策や液状化防止による耐震性向上の観点から既設構造物の地盤強化対策が求められている。一方、これらの対策工事では施設が稼動中で、土木構造物は供用中となっていることがほとんどであり、設計・施工計画にあたっては既設構造物への安全性、および対策工法の高速施工と効率化が重要である。このため、既存技術をブレイクスルーした技術として、新開発の噴射ヘッドと独自の噴射攪拌理論を用いて、高速施工により低排泥と低変位を実現しつつ、かつ幅広い改良体径(1.3~3.5m)を効率的に造成できるようにし、経済性が優れるものとした低排泥低変位噴射攪拌工法「OPTジェット工法」を開発し、実工事に展開している。

ここでは、初めに、OPTジェット工法の概要と特長を述べ、次に、適用事例として臨海部の液状化対策として実施した工事内容について報告する。

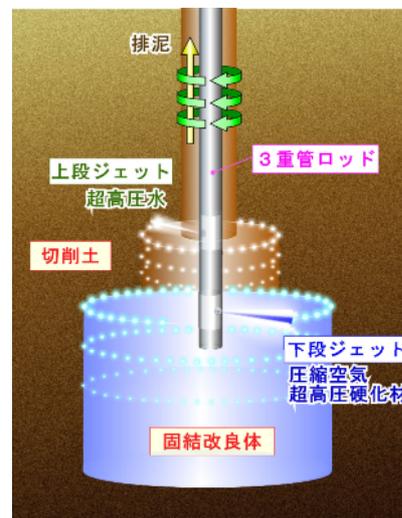


図-1 OPTジェットの工法概念

2. OPTジェットの概要

噴射攪拌工法は、小口径のボーリングロッドを用いて大きな地盤改良体が造成可能であるため、従来から一般に狭大な場所や既設構造物の地盤強化手段として用いられている。しかし、従来工法は、改良体積当りに占める硬化材噴射量が50%以上と多量で、施工時間も掛かっていたため、排泥量も多いという課題があった。このため、従来工法は、地盤改良工法の中でもっともコストが高価で、その適用方法や施工箇所が限られるものであった。

OPTジェットは、図-1に示すように三重管構造のロッドを使用して超高压水・圧縮空気・超高压硬化材の流体を独立して噴射する点は従来工法と同様であるが、摩擦抵抗が極小の噴射ヘッドの採用でジェットロスが小さくなったため、地盤の切削力が10%程度向上した。さらに、独自の噴射攪拌理論と上段と下段に噴射部を設ける工夫によって施工合理化の向上がより図られたため、大口径改良の従来工法に比べてトータルで30%程度の効率アップが図られている。効率アップにより、コスト・工期の縮減、低排泥(従来工法より30~70%の削減)・低変位の実現が可能となり、さらに複数パターンの改良仕様により合理的な改良体計画が可能となった。

3. 適用事例

ここでは、OPTジェット工法を臨海部立地工場の地震時液状化による側方流動抑止目的に適用した2工事例について報告する。

(1) 工事例1²⁾

本施工に当り、事前に試験施工を行った結果を表-1に示す。施工の改良径確認は、頭部掘出しによって実施した(写真-1)。同表から明らかなように、計画に対して十分な改良径と強度が確認された。本施工においては改良体径 $D=2.6\text{m}$ として改

表-1 試験施工仕様と施工結果

砂質土(N<25), 粘性土(c=50kN/m²)

ケース名	造成時間 t(分/m)	改良径 D (m)		強度 q_u (MN/m ²)	
		計画	実施工	計画	実施工
CASE1	3	2.0	3.4	0.3	>1.0
CASE2	5	2.5	>3.5	0.3	>1.0
CASE3	5	2.5	>3.5	0.3	>0.75
CASE4	7	2.5	3.6	0.3	



網掛部は採用ケース 写真-1 改良径確認状況

良体配置を計画した。本施工における強度確認結果は、4週強度の供試体平均で $q_u=1.5\text{MN/m}^2$ であり、全試験体

キーワード 地盤改良, 地盤強化, 噴射攪拌工法, 高速施工, 低排泥, 低変位

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦1丁目2-3 シーバンスS館 清水建設(株)土木技術本部技術計画部 TEL 03-5441-0572

は十分に計画強度を上回るものであった。

表-2 試験施工仕様と施工結果

(2) 工事例 2³⁾

本工事においては、 $c=80kN/m^2$ の粘性土層についても約 5m の厚さを地盤改良する必要があった。工事例 1 の実績より $D=2.6m$ を目標に試験施工を行った。その結果を表-2 に示す。同表から明らかなように、造成時間を砂質土で 3 分/m、粘性土で 10 分/m とすることにより改良径 $D=3.4m$ と十分な強度 $q_u=1.1MN/m^2$ が確認された。これを反映して改良体の配列を見直し、本施工の施工仕様を図-2 のように設定した。

本施工における強度確認結果は、砂質土改良体の供試体平均で $q_u=1.1MN/m^2$ であり、全試験体は十分に計画強度を上回るものであった。

(3) 注入率・排泥率

前述 2 工事の施工結果を基にした、注入率、排泥率実績を表-3 に示す。硬化材注入率 β_c は、単位造成長当りの硬化材噴射量 Q_s を改良体積で除したものである。同表から明らかなように注入率 β_c 、排泥率 χ は、砂質土で $\beta_c=10\sim 20\%$ 、 $\chi=15\sim 24\%$ 、強度の大きい粘性土では $\beta_c=30\%$ 、 $\chi=50\%$ 程度になることが分かる。この結果から、OPT ジェットは、従来工法に比べて低排泥で合理的に改良体が造成できることが明らかである。

(4) 地盤変位影響の考察

工事例 2 では、改良体施工時に地中傾斜計により OPT ジェット施工に伴う地盤変位影響を計測した。計測位置は、改良体外径から離隔 0.5m である。改良施工直後の地盤変位を図-3 に示す。同図から明らかなように、下部粘性土 A_{c1} 層では外側に平均 13mm、それより上部の砂質土 A_{s1} 層では内側に平均 7mm 程度の水平変位が発生した。 A_{c1} 層の変位は、自立性が高く N 値でいえば砂質土より軟い粘性土が噴射圧力で外方に押し出されたものであると考える。 A_{s1} 層の変位は、 A_{s1} 層が A_{c1} 層より硬く外方変位が小さかったものが、施工直後の改良体領域が硬化材スラリー混合の泥土状態で、土水圧の水平圧力バランスが不均衡になっているため、この影響により、若干の改良体側への内縮変位が生じたものとする。これらの結果から、OPT ジェットによる地盤変位影響は、離隔 0.5m での近接状態においても、極めて小さいものであることが明らかとなった。

4. おわりに

ここでは、新開発の OPT ジェット工法の技術内容と適用事例について報告し、本工法が従来工法に比較して、高速施工性・低排泥性・経済性・低変位性において、優位であることを明らかにした。OPT ジェットの適用により、新設構造物や既設構造物を対象にした地盤強化がより合理的に実施できるものとする。

参考文献

- 1) OPT ジェット研究会：低排泥低変位噴射攪拌工法「OPT ジェット工法」技術・積算資料，2009 年 4 月
- 2) 川崎，飯泉，藤井，藤澤：噴射攪拌工法の高速度施工技術 - 低排泥低変位噴射攪拌工法「OPT ジェット工法」の開発と適用 - ，基礎工 Vol.37, No.5，2009 年 5 月
- 3) 川崎，飯泉，藤井，藤澤：低排泥低変位噴射攪拌工法「OPT ジェット工法」 - 噴射攪拌工法の高速度施工技術 - ，建設の施工企画 No.720，2010 年 2 月号

(a) 砂質土(N=10)					(b) 粘性土(c=80kN/m ²)						
ケース名	造成時間 t (分/m)	改良径 ϕ (m)		強度 q_u (MN/m ²)		ケース名	造成時間 t (分/m)	改良径 ϕ (m)		強度 q_u (MN/m ²)	
		計画	実施	計画	実施			計画	実施		
CASE01	2	2.6	2.9	0.5	0.5	CASE11	5	1.6	2.2	0.5	0.6
CASE02	3	3.0	3.4	0.5	1.1	CASE12	7	2.1	2.7	0.5	1.2
CASE03	4	3.3	3.7	0.5	1.9	CASE13	10	2.6	3.4	0.5	1.9

網掛け部は採用ケース

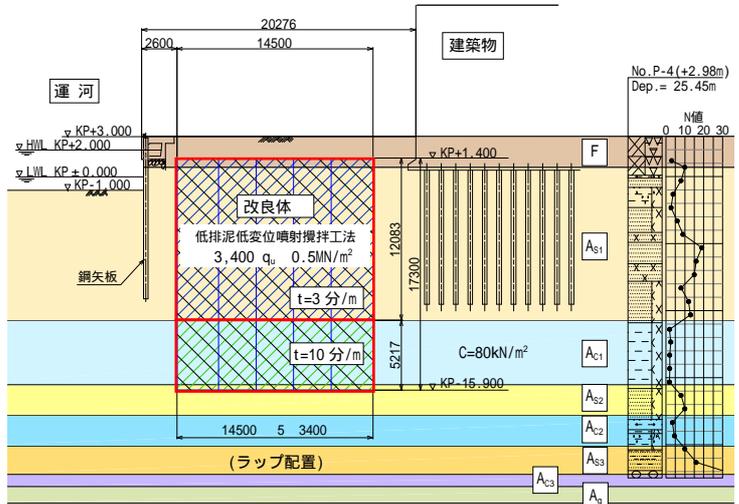


図-2 工事例 2 の改良体配置

表-3 OPT ジェットの注入率・排泥率実績

工事例	地盤条件	設計有効径 ϕ (m)	造成時間 t (分/m)	硬化材噴射量 V_c (ℓ/分)	硬化材注入率 β_c (%)	排泥率 χ (%)
1	砂質土 N=15	2.6	5	200	18.8	23.8
2	砂質土 N=10	3.4	3	300	9.9	14.9
2	粘性土 c=80kN/m ²	3.4	10	300	33.0	48.0

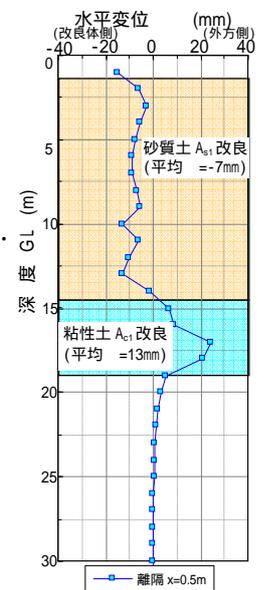


図-3 施工後の地盤変位