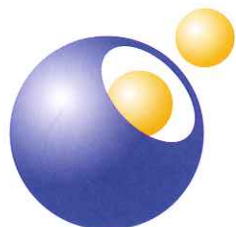


**地震時における地盤災害の課題と対策**  
**2011 年東日本大震災の教訓と提言**  
**(第二次)**



公益社団法人 **地盤工学会**

**2012 年 6 月**

**公益社団法人 地盤工学会**

**平成 23 年度 学会提言の検証と評価に関する委員会**

**東京都文京区千石四丁目 38 番 2 号**

**TEL: 03-3946-8677    FAX: 03-3946-8678    [jgs@jiban.or.jp](mailto:jgs@jiban.or.jp)**

**<http://www.jiban.or.jp/>**

# 大口径化と高速施工を可能にした、V-JET 工法

高圧噴射攪拌工法，地盤改良，液状化対策，

V-JET 協会 正会員 山崎 淳一

## 1. はじめに

V-JET 工法は，長年にわたる数多くの実績をもつ JSG 工法の特徴を生かしつつ，施工の高速化・効率化を図り，高速での大口径改良体の造成を可能にした新しい高圧噴射攪拌工法である．高圧噴射力を最大限有効活用して大きな切削エネルギーを発揮する特殊噴射装置（特殊専用モニター）を新たに開発し，基礎実験および実大の地盤噴射実験による地盤改良体の検証により，2011年に新工法として実用化している．

本報では，V-JET 工法の概要を説明すると共に，基礎地盤の強化・安定，液状化対策としての有効性の実大実験による検証結果，地震による地盤災害の防止を目的とした実施例を紹介する．

## 2. V-JET 工法の概要

V-JET 工法は，セメント系硬化材の超高压噴射によって地盤を切削し，円柱状の改良体を高速施工で造成する高圧噴射攪拌工法である．図-1 は V-JET 工法の概要を示したものであるが，硬化材噴射と周囲に高速の空気噴射を行なう，いわゆる「二重管工法」に分類される．施工仕様として，硬化材噴射量および機械設備などによって3つのタイプ（V1，V2，V3）が用意されている．また，必要となる改良強度に合わせて改良体積当たりの硬化材噴射量（固化材量）を大幅に抑えた，液状化対策などにより適した施工仕様（VE）があり，3タイプが用意されている．これらの多彩な仕様は，独自に開発した特殊専用モニターにより可能になっている．従来の高圧噴射攪拌工法では，地盤を切削するために多くのエネルギーを要するために，地盤切削に多くの時間を要し，この結果必要以上の硬化材を噴射する仕様となっていた．V-JET 工法の特殊専用モニターは，短時間での効率的な地盤切削を可能にし，それぞれの仕様における施工の高速化と改良体の大口径化を可能にしている．表-1 に標準仕様および液状化対策仕様の設計値を示す．

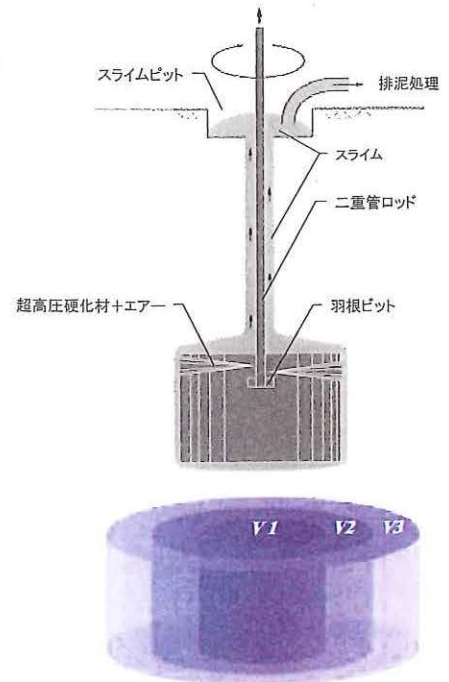


図-1 V-JET 工法概要図

施工は，各タイプごとに標準の機械構成が異なるため，施工規模や施工条件にあったタイプの選択が可能である．例えば V1 タイプではよりコンパクトな設備での施工が可能であり，特に直接削孔方式と組み合わせることにより，狭隘な場所における施工の適用性が高くなる．図-2 に各タイプの標準的な施工設備（プラント配置），図-3 に直接削孔方式による施工手順を示す．

V-JET 工法の特長を以下に示す．

- 高い噴射効率を発揮する特殊専用モニターにより，大口径の改良体を高速造成できる．
- 3タイプの特殊専用モニターと噴射仕様の組合せにより，改良体造成径を幅広く設定することができる．
- 削孔から造成までをひとつの施工機で連続的に行なう直接削孔方式により，コンパクトな設備による効率的な施工ができる．
- 噴射攪拌効率向上により改良体積当たりの噴射量を少なくし，排泥発生量を低減することができる．
- 改良体積当たりの固化材量を大幅に抑えた仕様で地盤の液状化対策や地盤強化を図れる．
- 大口径化，高速施工，排泥減量化で，従来の工法より優れた経済性を発揮する．

表-1 V-JET 工法の設計値

標準仕様						
タイプ	V1		V2		V3	
噴射圧力 (MPa)	35		35		35	
硬化材噴射量 (L/min)	180		360		540	
有効径 (m)	砂質土	$N \leq 50$	2.0	2.5	3.5	5.0
		粘性土 $N \leq 3$	2.5	3.5	4.0	5.5
	粘性土	$50 < N \leq 100$	1.8	2.3	3.2	4.5
		$3 < N \leq 5$	2.3	3.2	3.6	5.0
造成時間 (min/m)	砂質土	$100 < N \leq 150$	1.6	2.0	2.8	4.0
		粘性土 $5 < N \leq 7$	2.0	2.8	3.2	4.4
造成時間 (min/m)	7	11	10	14	14	18
液状化対策仕様						
タイプ	VE1		VE2		VE3	
噴射圧力 (MPa)	35		35		35	
硬化材噴射量 (L/min)	180		360		540	
有効径 (m)	砂質土	$N \leq 10$	3.0	4.0	5.5	
		粘性土 $N \leq 1$	4.0	5.5		
	粘性土	$10 < N \leq 30$	2.7	3.6	5.0	
		$1 < N \leq 2$	3.6	5.0		
造成時間 (min/m)	10	8	10			

※改良深度が30mを超える場合は，低減を考慮して有効径を設定する．



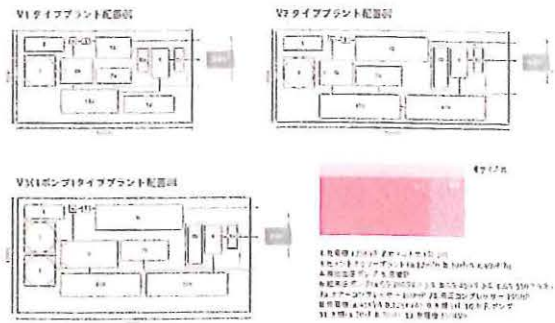


図-2 標準的な施工設備

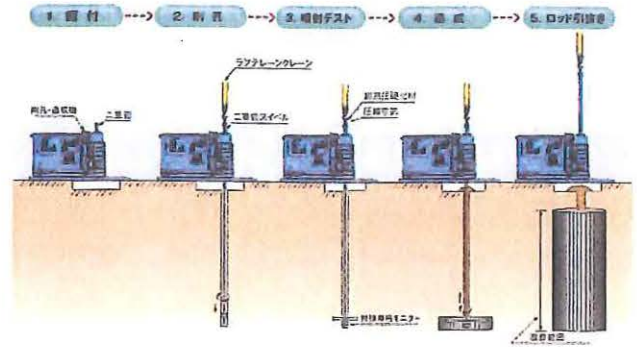


図-3 施工手順 (直接削孔方式)

3. 実大実験による有効性確認

工法の実用化に先立ち実大実験を実施し、新たに開発した特殊専用モニターの性能確認、施工性の確認、および施工仕様（硬化材噴射量・造成時間など）と改良体出来形の評価を行なった。以下に出来形確認結果の一部を紹介する。

(1) 砂地盤における改良体の出来形

対象地盤：細砂 (N=10~30) ~ 砂礫 (N=30)  
 施工仕様：V2 タイプ (35MPa, 400L/min, 10min/m)  
 改良体の出来形：平均造成径  $\phi$  4.5m (写真-1)

(2) シルト地盤における液状化対策仕様の改良体の出来形

対象地盤：砂混りシルト (N=1~2)  
 施工仕様：VE3 タイプ (35MPa, 540L/min, 10min/m)  
 改良体の出来形：平均造成径  $\phi$  5.8m (写真-2)

4. 実施例

(1) 被災した建物基礎下の地盤を強化 (宮城県)

東日本大震災で被災した仙台市の下水処理場の復旧工事として適用された実施例である。同下水処理場は、地震とそれに伴う津波により主要な土木・建築構造物が壊滅的な被害を受けたが、RC 造 5 階建の管理棟にも 1 階部分の浸水被害に加え、建物全体に約 50cm の沈下が発生した。V-JET 工法は、同建物の今後の沈下抑制を目的とし、建物外側のフーチング基礎直下の地盤に対する地盤改良工法として採用された。(写真-3)

対象地盤：シルト (N=3~4), 細砂 (N=5~35),  
 砂質シルト (N=3~6), 粘土 (N=1~10)  
 施工仕様：V3 タイプ  $\phi$  5.0m (35MPa, 540L/min, 14min/m)  
 施工数量：L=31.7m  $\times$  16 本

(2) 基礎地盤の強化と液状化対策 (茨城県)

火力発電所の発電設備増設に伴う基礎地盤の強化と液状化対策を目的として実施した例である。地下に設置する新設構造物直下の緩い砂地盤に対して、格子状に配置された改良体の施工を V-JET 工法により行なった。地盤改良完了後における、掘削時の出来形確認状況を写真-4 に示す。

対象地盤：細砂 (N=10~40)  
 施工仕様：V2 タイプ  $\phi$  3.5m (35MPa, 360L/min, 10min/m)  
 施工数量：L=5.5m  $\times$  84 本

5. おわりに

V-JET 工法は、従来の高圧噴射攪拌工の特徴を引継ぎつつ、施工の高速化と大口径化を可能にしている。適用範囲の広さや優れた経済性により、構造物基礎地盤の強化や液状化対策など、地震による地盤災害の防止・減少に役立つ技術として活用していきたいと考える。



写真-1 改良体出来形 (砂地盤)



写真-2 改良体出来形 (シルト地盤)



写真-3 施工状況



写真-4 掘削時の出来形確認状況