

進化したNJモニターによる大口径噴射攪拌工法 『N-Jet工法』

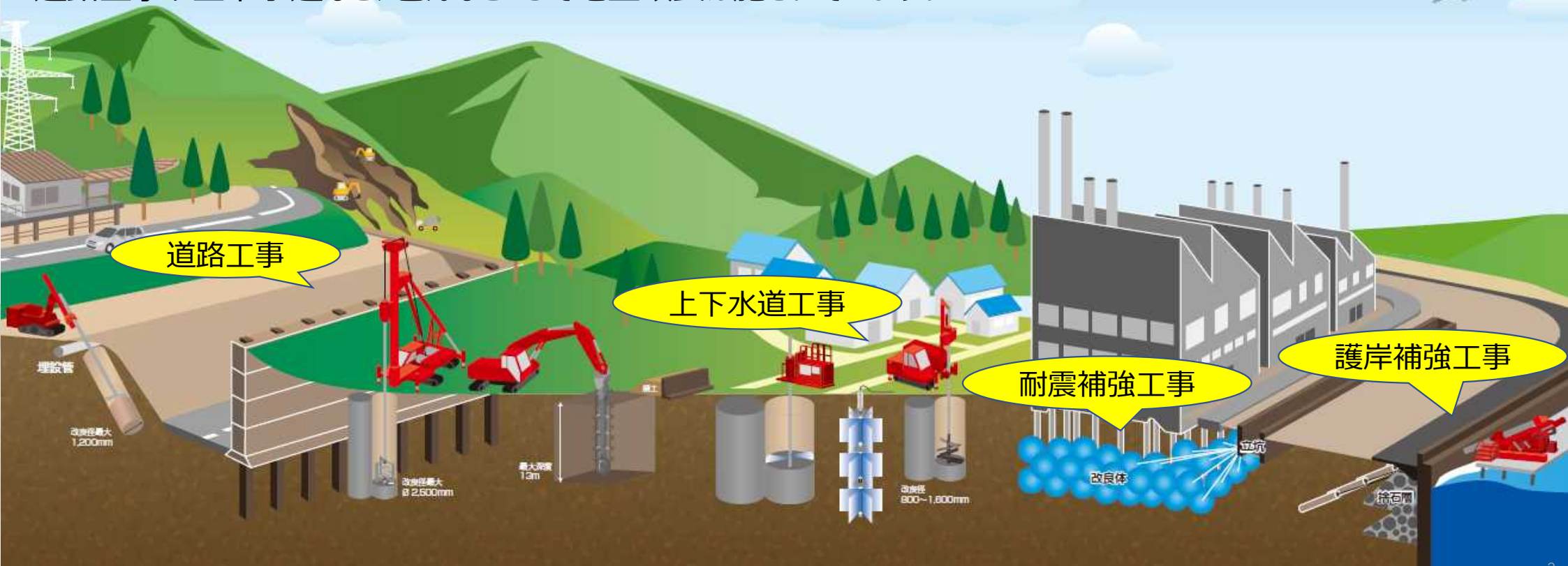
日特建設株式会社 広島支店
営業部 金舛 能史

<目次>

1. はじめに
2. 地盤改良工法の選定
3. 高圧噴射攪拌工法
4. N-Jet工法

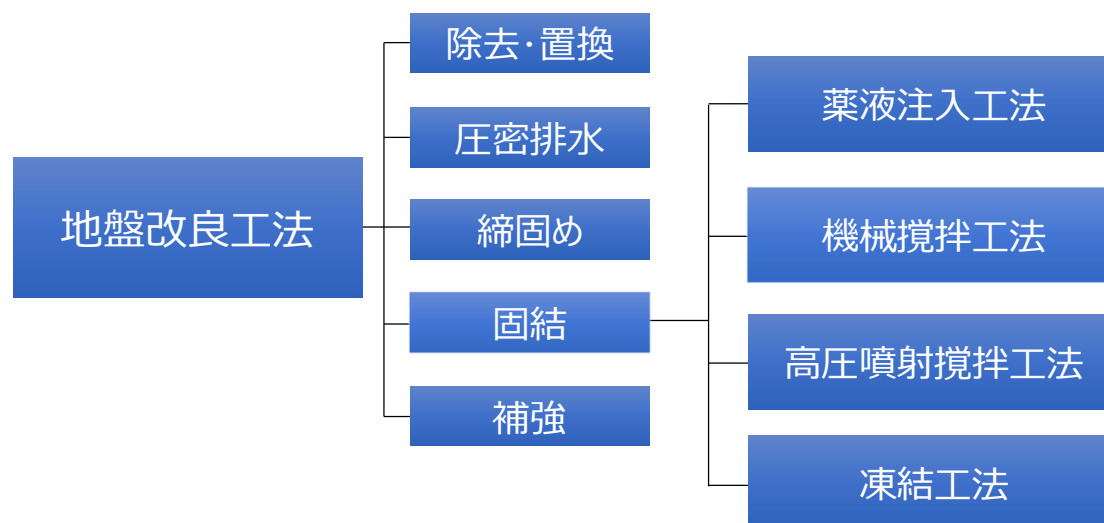
1. はじめに

地盤改良は、地盤の安定性を保つため、地盤に人工的な改良を加えることです。
道路工事や上下水道など、色んなところで地盤改良は施されています。



2. 地盤改良工法の選定

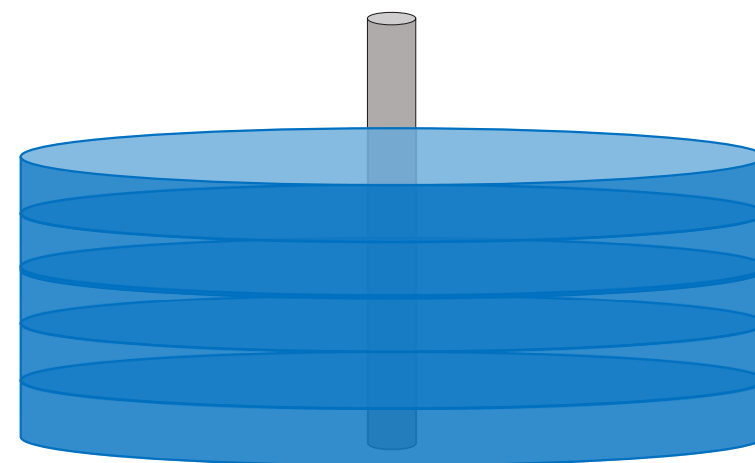
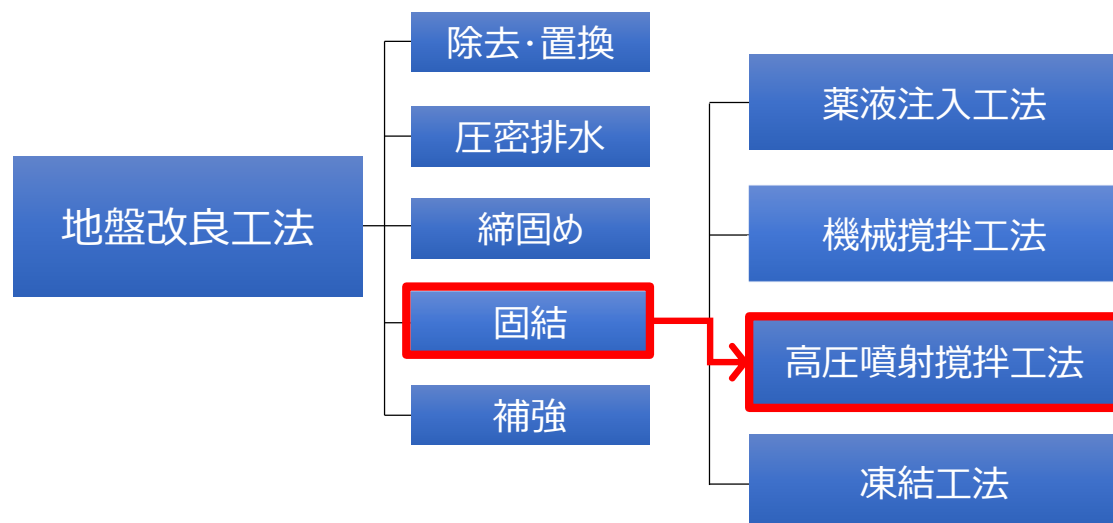
地盤改良の工法選定は、地質、土質条件や工事目的などによって、検討されます。単純に良質土と置き換える工法や、じっくり時間をかけて圧密、締固める工法。また、セメントなどの改良材を用いて、土を固結させ強固な地盤にする方法など、諸条件によって使い分けられます。





3. 高压喷射搅拌工法

3-1. 高圧噴射攪拌工法とは



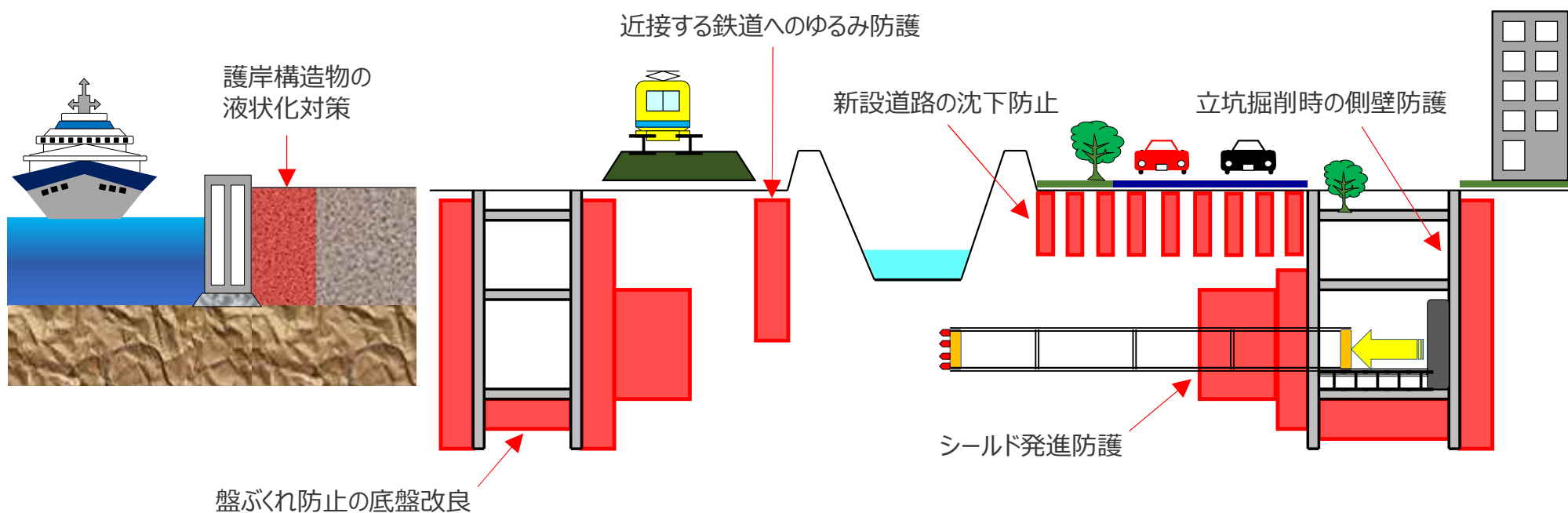
特徴は「小さな孔（あな）から、大きな改良体を造成する」ことです。

高圧噴射攪拌工法は、**超高压墳流体を使って地盤を切削**し、地盤改良を行う工法です。

硬化材そのものに超高压をかけて土を切削すると同時に地盤を硬化材で攪拌混合し、**円柱状の改良体を造成**します。

3-2. 高圧噴射攪拌工法の適用ケース

高圧噴射攪拌工法はさまざまな地盤改良工事に適用されています。
これらは代表的な適用ケースですが、活躍する範囲は広く多くの工事で適用されています。



3-3. 高圧噴射攪拌工法の基本原理

高圧噴射攪拌工法の基本原理は、液体に高い圧力を与えて得られる強力なエネルギーによって地盤を切削破壊し、硬化材と土とを攪拌混合して強固な改良体を作るものです。

◆液体で地盤を切削するメカニズム

液体で土が切れるのは、超高圧噴流水の持つエネルギーが地盤の組織構造を破壊することで土粒子を移動させ空間を作るためです。その破壊メカニズムについては完全に明らかになっていないが、以下のものだと考えられています。

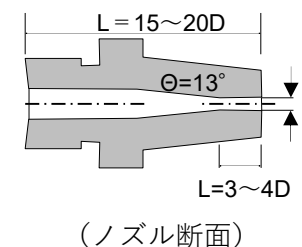
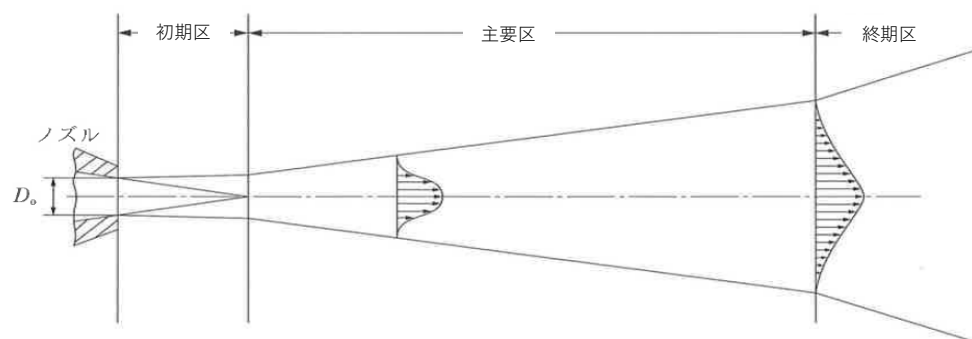
- ① 空洞現象（Cavitation）
- ② 噴流流体の衝撃力
- ③ 水くさび
- ④ 地盤の疲労破壊

これらの作用は、上記の何れかの単独あるいは複合作用によるものです。基本的には噴流流体が土塊に衝突し、土粒子をバラバラにする。と同時に、噴流流体のまわりにバキューム効果を発揮し、周辺の土粒子を引っ張り、噴流水のはねかえる力によって土粒子を急速に移動させます。

3-4. 高圧噴射攪拌工法の基本原則

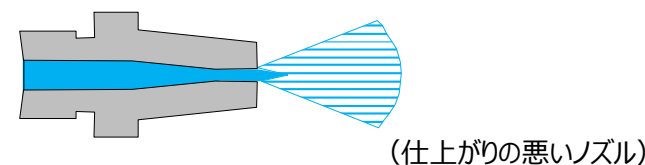
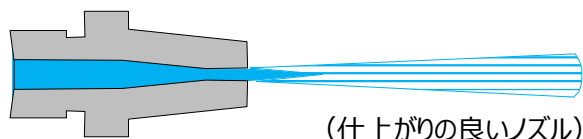
◆土を切削するための条件

液体を超高圧で噴射させるためには、馬力の大きなポンプと先端を絞ったノズルが必要になります。空气中に噴射されたジェット噴流は、初期区を経て、主要区において有効な力を発揮します。



ノズルは図-1のような型になっており、理論的な噴流水を再現するには、特にノズル全体の長さや角度が重要となります。長さが不足すれば、水の流は乱流になり、噴射エネルギーは低下します。

また、ノズルの仕上げはとて精密に仕上げなければ、超高圧分流水は割れてしまい、土を切削することはできません。



3-5. 高圧噴射攪拌工法の基本原理解

◆ 空気を必要とする理由

超高圧噴流水を空气中で噴射すると、以下の図の①線のように2m以上の遠い距離まで影響を及ぼすことができます。一方、水中において同様に超高圧噴流水を噴射した場合、③線のようにその影響はとて小さくなります。

しかしながら、超高圧噴流水のまわりに空気を沿わせると、②線のように水中においてもその噴流水の影響する距離は空気のない場合に比べ、大幅に伸ばすことができます。

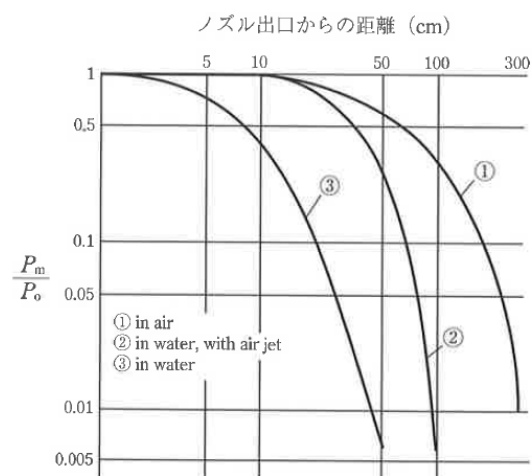
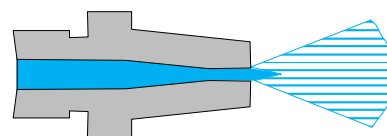
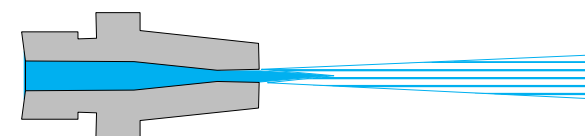


図-1・4 ノズル出口からの距離と圧力の関係

(P_0 : ノズル出口の圧力 P_m : 噴流軸上の任意の圧力)



硬化材のみ場合



AIR併用の場合

切削距離を伸ばすために使われた空気は、その役目が終了したら、切削した土砂（スライム）をリフトアップして、地表に排出させる役割も担っています。

3-6. 高圧噴射攪拌工法の種類

主な工法分類	切削方法	代表的 工法名	工法概要	諸元	改良径
単管工法	超高压硬化材	CCP工法	地中に特殊なCCP硬化材を回転ノズルにより高圧噴射し、土粒子と硬化材を混合、パイル状のものを造成する。	切削圧力：20～40MPa 硬化材噴射量：35 ℓ /分～100 ℓ /分	Φ300mm ～Φ1500mm
二重管工法	超高压硬化材 + 空気	JSG工法	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。	切削圧力：20MPa 硬化材噴射量：60 ℓ /分	Φ1000mm ～Φ2000mm
三重管工法	超高压水 + 空気、硬化材	CJG工法	空気を伴った超高压水を地盤中に回転して噴射させて地盤を切削し、そのスライムを地表に排出させることによって地中に人為的に空間をつくり、その中に硬化材を同時充填させ円柱状の固結体を造成する。	切削圧力：40MPa 水噴射量：70 ℓ /分 硬化材噴射量：140 ℓ /分、180 ℓ /分	Φ1200mm ～Φ2000mm

4. N-Jet工法

NETIS登録番号 : KT-200039-A

4-1. N-Jet工法の特徴

N-Jet工法は、1噴射方向に対して近接したツインノズルから硬化材を高圧噴射することにより、効率的に硬化材と土を攪拌混合することが出来ます。

●造成時間を短縮

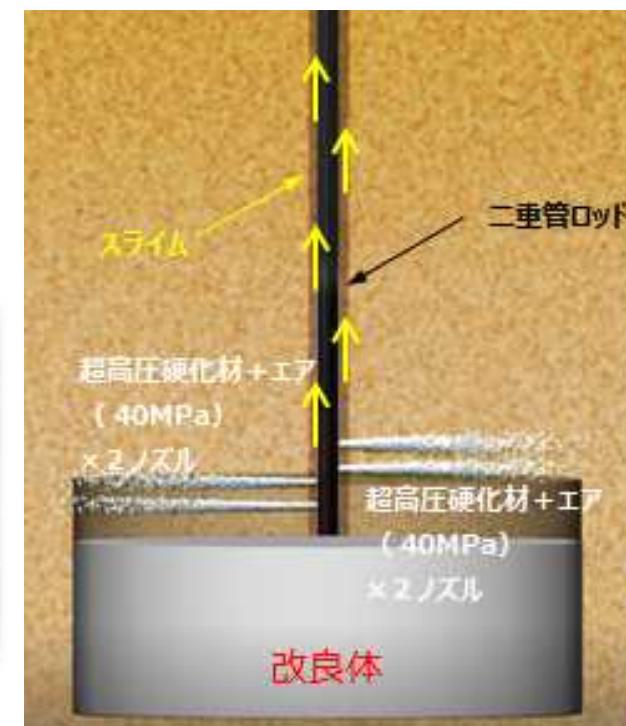
新開発のNJモニターを使用することで、引上げピッチを増台し、造成時間を短縮できます。

●硬化材使用量と排泥量を低減

造成時間の短縮と施工効率の向上により、硬化材使用量と排泥量を低減します。

●より経済的な施工へ

造成時間の短縮による工期の縮減や、硬化材使用量と排泥量の低減によって、より経済的な施工が可能です。



N-Jet工法は、造成形状・サイズが豊富で、経済的にも優れた高圧噴射攪拌工法です。

4-2. N-Jet工法のバリエーション

N-Jet工法は様々なバリエーションを有しています。
改良対象土質や改良範囲の大きさに合わせた、様々な改良径の配置することにより、地盤改良の最適化をすることができます。これまでの最大改良径φ3.5mであった【N1ジェット工法】に追加して、最大改良径φ5.0mまで改良できる【N2ジェット工法】を開発し、更にバリエーションを増やしました。

土質およびN値			標準有効径 (m)							
砂質土	粘性土	砂礫土	N1ジェット工法							N2ジェット工法
N<50	N<3	(注1)	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5	5.0
50≤N≤100	3≤N<5		1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	4.5
100≤N<150	5≤N<7		1.6	1.9	2.0	2.3	2.4	2.7	2.8	4.0
150≤N<200	7≤N<9		1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	3.5

※（注1）砂礫土においては、原則として試験施工を行い有効径を確認する。設計段階での有効径は、砂質土の90%とする。

4-3. N1ジェット工法とN2ジェット工法、それぞれの特徴

最大改良径φ3.5mを有していた【N1ジェット工法】から、更に大口径化を目指した【N2ジェット工法】には超
高圧力かつ大容量噴射が出来る機構にしました。

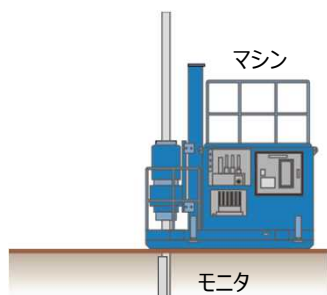
項目	N1ジェット工法	N2ジェット工法
使用ロッド径	二重管（φ90mm）	二重管（φ114mm）
削孔方法	ケーシング削孔	ケーシング削孔
噴射方向 （ノズル数）	2方向 （2ノズル×2方向=4ノズル）	2方向 （1ノズル×2方向=2ノズル）
硬化材噴射圧力	40MPa	38MPa
硬化材噴射量	200ℓ/分、300ℓ/分、360ℓ/分	520ℓ/分
圧縮空気量	0.7MPa以上、4.5Nm ³ /分以上	0.7～1.05MPa、15Nm ³ /分以上
標準有効径	Φ2.0m～φ3.5m	Φ3.5m～φ5.0m

4-4. N-Jet工法の施工順序

以下の順序で地盤を改良します。

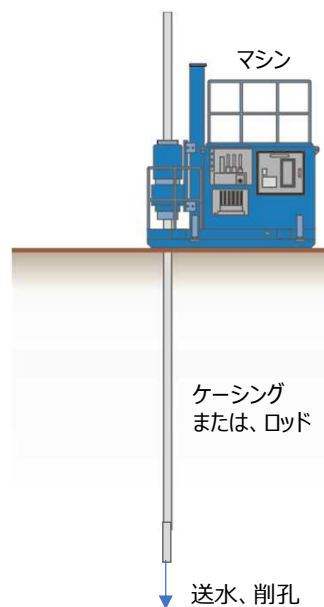
①準備

マシンを所定位置に据え付けて、ケーシングまたは、モニターを取りつけたロッドを把持する



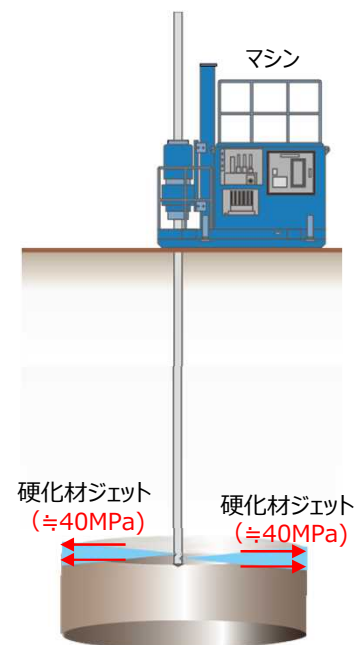
②削孔

ケーシングまたはロッドで地盤を削孔する。所定深度まで削孔したら、モニターを所定深度まで挿入する。



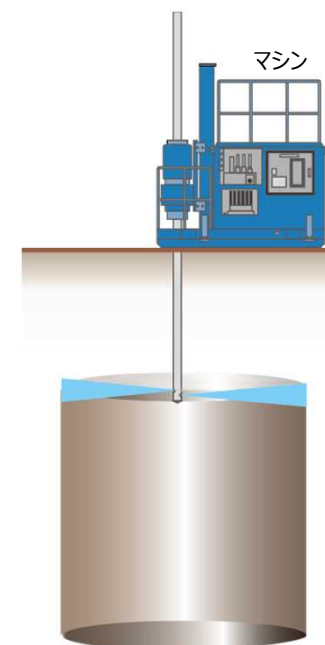
③造成

モニターより、硬化材液ジェットを噴射し、ロッドを上げながら、所定形状・所定長の改良体を造成する。



④造成完了

造成完了後、ロッドを引上げ、洗浄後、次の造成地点に移動する。



4-5. N-Jet工法のプラント設備

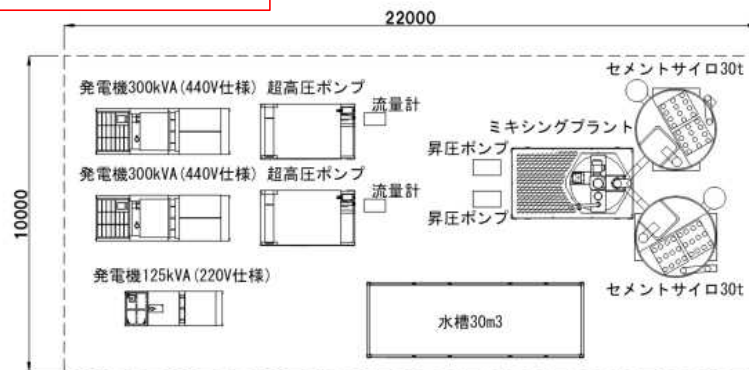
N-Jet工法のプラント設備は、一般的な高圧噴射攪拌工法と同様、約200m²のヤードがあれば対応可能です。

造成帯

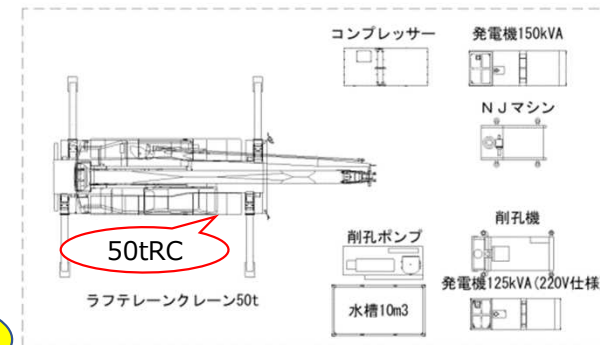


N1ジェット
工法

N1ジェット工法プラント帯

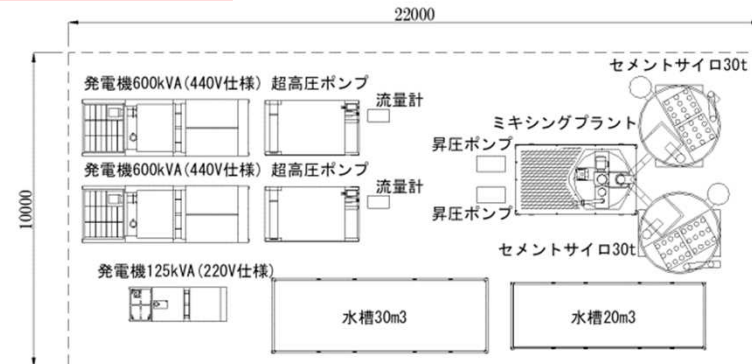


造成帯



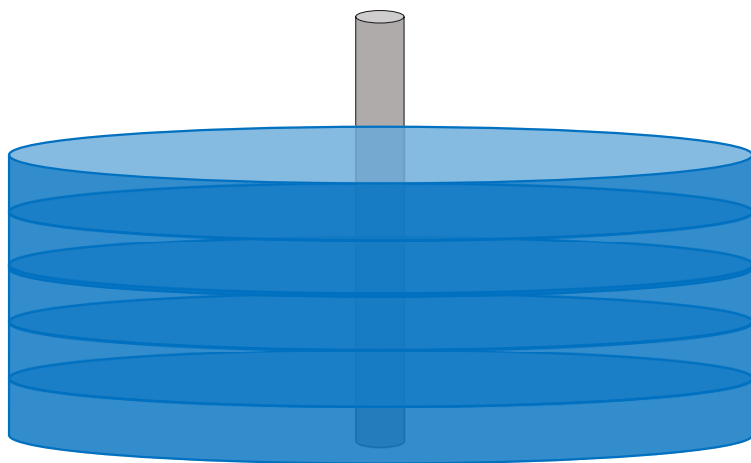
N2ジェット
工法

N2ジェット工法プラント帯

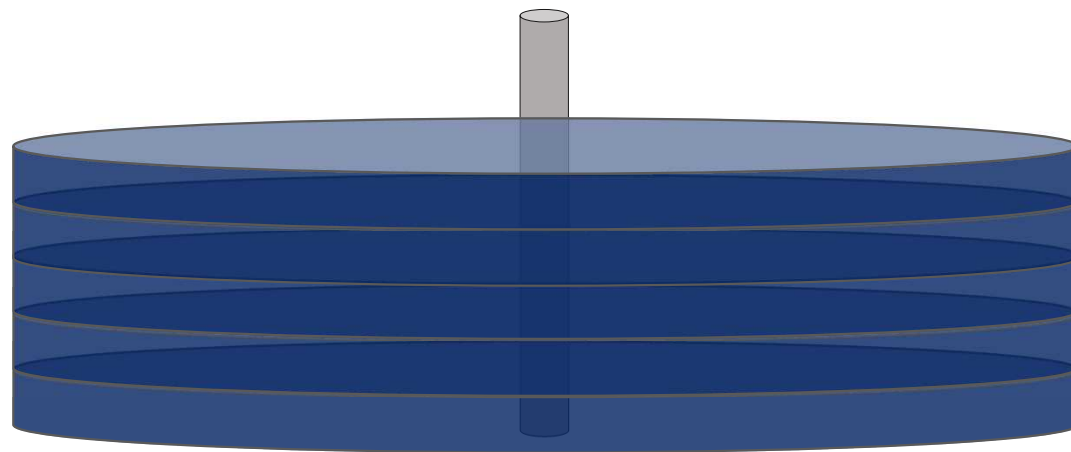


4-6. 引上速度と噴射量で変わる改良径

N-Jet工法は引上速度と噴射量・噴射圧力の関係で改良径を変えることができます。



標準的な引上速度



大容量噴射でゆっくり回転・引上げることで大口径化を実現

但し、引上速度（回転数）をゆっくりにするだけでは大口径には出来ません。

噴射エネルギーを増幅させるには噴射量を多くする必要があります。

4-7. N-Jet工法の施工仕様

土質条件および引上速度と噴射量・噴射圧力の関係から、以下の改良径を設定しています。

土質およびN値			標準有効径（m）							
砂質土	粘性土	砂礫土	N1ジェット工法							N2ジェット工法
N<50	N<3	（注1）	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5	5.0
50≦N≦100	3≦N<5		1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	4.5
100≦N<150	5≦N<7		1.6	1.9	2.0	2.3	2.4	2.7	2.8	4.0
150≦N<200	7≦N<9		1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	3.5
噴射量（ℓ／分）			200	200	300	300	300	360	360	520
引上速度（分／m）			5.0	6.5	5.0	6.0	7.0	7.2	8.0	12.0

※ (注1) 砂礫土においては、原則として試験施工を行い有効径を確認する。設計段階での有効径は、砂質土の90%とする。

4-8. N-Jet工法による施工の最適化

N-Jet工法、特にN1ジェット工法は、様々な改良径を有しています。同じ機械とツールスで、引上速度と噴射量を変えることで施工の最適化を図ることが出来ます。

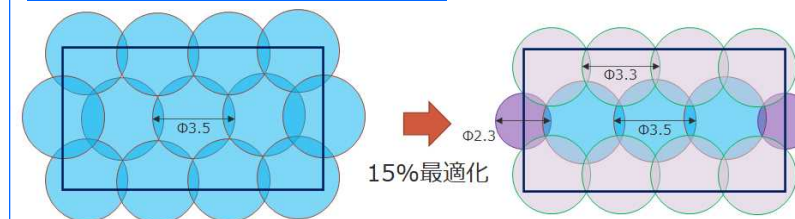
土質およびN値			標準有効径（m）						
砂質土	粘性土	砂礫土	円形（直径）						
N<50	N<3	(注1)	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5
50≦N≦100	3≦N<5		1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2
100≦N<150	5≦N<7		1.6	1.9	2.0	2.3	2.4	2.7	2.8
150≦N<200	7≦N<9		1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
噴射量（ℓ／分）			200	200	300	300	300	360	360
引上速度（分／m）			5.0	6.5	5.0	6.0	7.0	7.2	8.0

※ (注1) 砂礫土においては、原則として試験施工を行い有効径を確認する。設計段階での有効径は、砂質土の90%とする。

<比較①> ※50%最適化



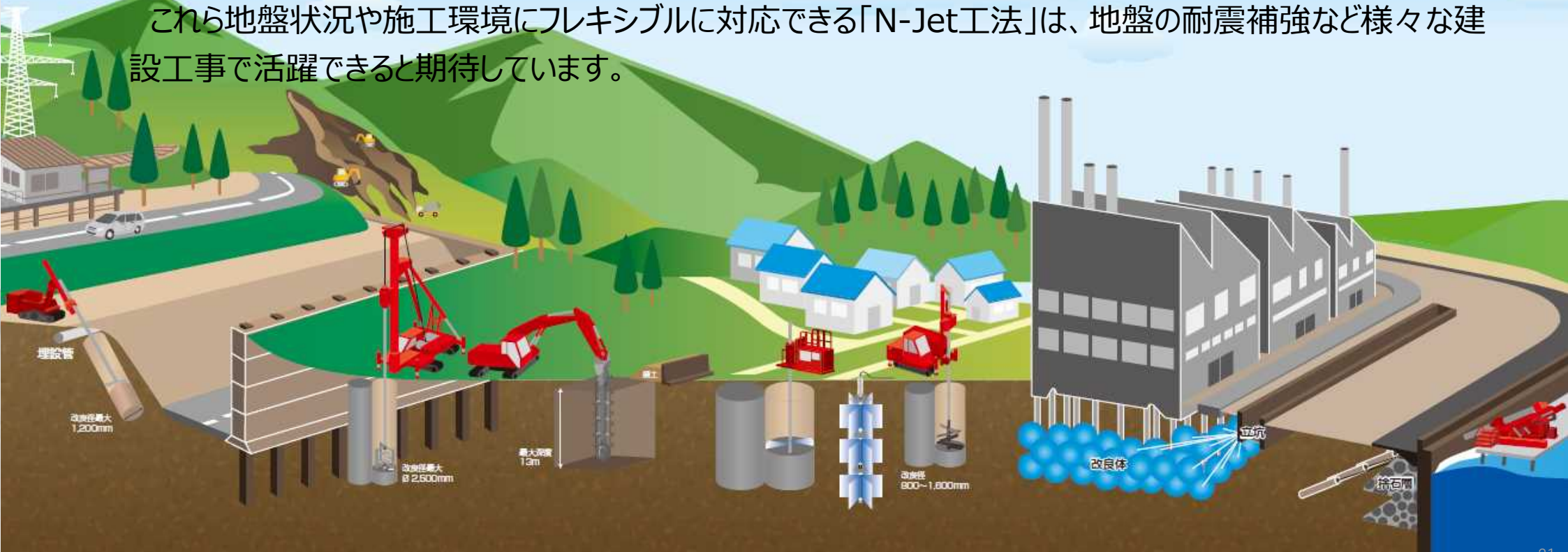
<比較②> ※15%最適化



海から山へ

小さな孔から大きな改良体を造成できる高圧噴射攪拌工法。
その中でも、噴射量と改良スピードの組み合わせを変化させるだけで、様々な改良径を有した「N1ジェット工法」
更に $\phi 5.0\text{m}$ の大口径化を図った「N2ジェット工法」

これら地盤状況や施工環境にフレキシブルに対応できる「N-Jet工法」は、地盤の耐震補強など様々な建設工事で活躍できると期待しています。



N-Jet工法協会

正会員	住所	電話番号
株式会社 大熊工業	東京都西東京市保谷町6-21-6	042-469-5060
株式会社 サナース	東京都品川区西品川1-10-1	03-3493-8170
株式会社 ジーエムシー	東京都江戸川区東葛西6-18-8	03-3689-8100
双栄基礎工業株式会社	東京都新宿区西新宿1-23-1	03-5609-7145
株式会社 ヒノデ開発	広島市佐伯区湯来町伏谷137-12	0829-40-5582
明協エンジニアリング株式会社	大阪府茨木市西太田町33-1	072-621-4069
N-Jet工法協会事務局 (緑興産株式会社内)	東京都中央区東日本橋3-10-6	03-5645-5150

特別会員（特許及び商標管理）／N3ナカシマ合同会社

日特建設株式会社

An abstract graphic on the right side of the slide features three overlapping, three-dimensional rectangular blocks. The top and bottom blocks are red, while the middle block is white with a red top surface. They are arranged in a staggered, ascending fashion.

NITTOC CONSTRUCTION CO.,LTD
ENGINEERING DIVISION Section Manager
Yoshihito KANEMASU