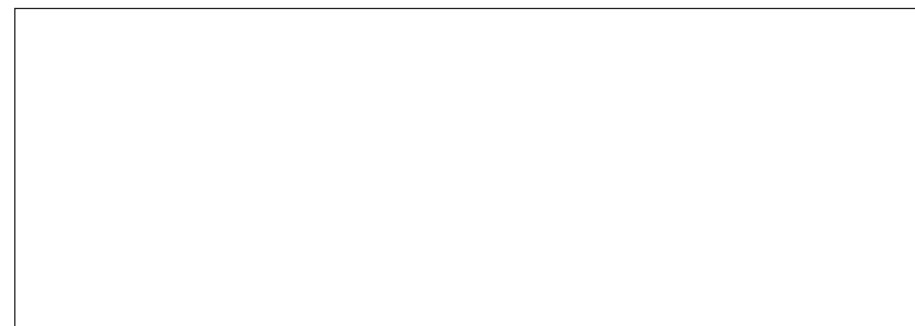


GEO-TORNADO MIXING METHOD

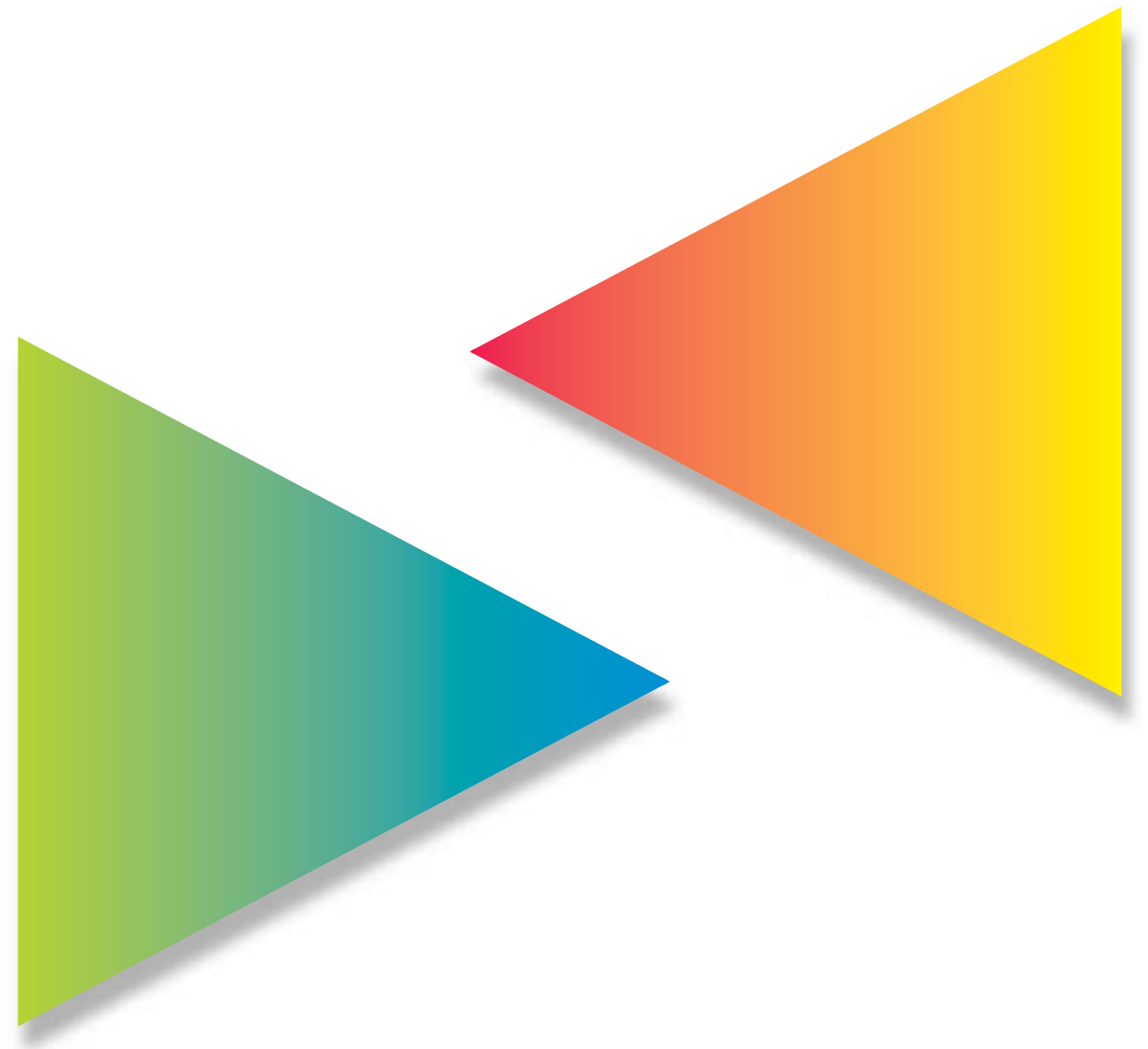
ジオトルネードミキシング工法



NIJ研究会

ニュー イタリアン ジェット研究会

事務局 東京都千代田区神田錦町3-7-1 興和一橋ビル 〒101-0054
TEL 03-3296-4774 FAX 03-3296-4744



NIJ研究会

GEO-TORNADO MIXING METHOD

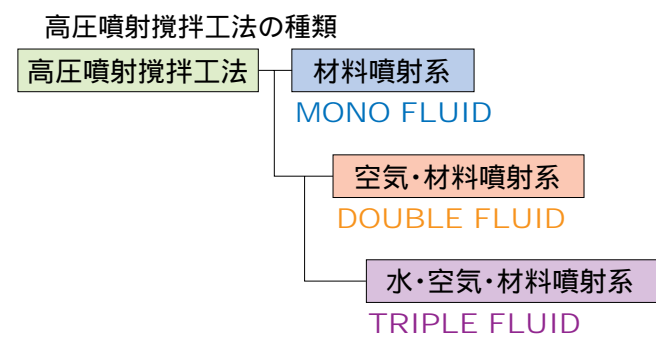
ジオトルネードミキシング工法は、高圧噴射攪拌工法の原理を忠実に体系化したトータルシステムです

超高压噴流体の持つエネルギーによって地中にセメント系改良体をつくる高圧噴射攪拌工法は、日本で発案されて20年以上の実績を持つ、信頼性の高い地盤改良工法です。

しかし、道路・地下鉄・共洞溝など、大断面・大深度の地下空間建設にあたっては、施工コストの低減、施工スピードの向上、適用地盤の拡大などが強く求められています。また、地上に排出される排泥(スライム)の低減、機動性・汎用性の確保、作業効率の改善など、環境やトータルコストに対する配慮も大きな課題です。

ジオトルネードミキシング工法は、超高压噴流体の持つエネルギーを最大限に活用するという、高圧噴射攪拌工法の原理に立ち返り、材料・排泥処理コストも含めたトータルで、施工効率の改善やコストダウンを実現します。

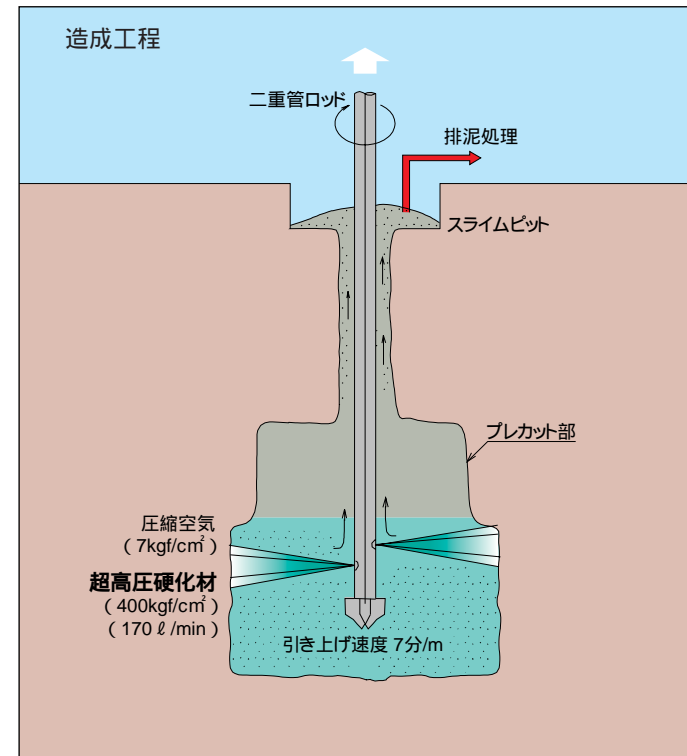
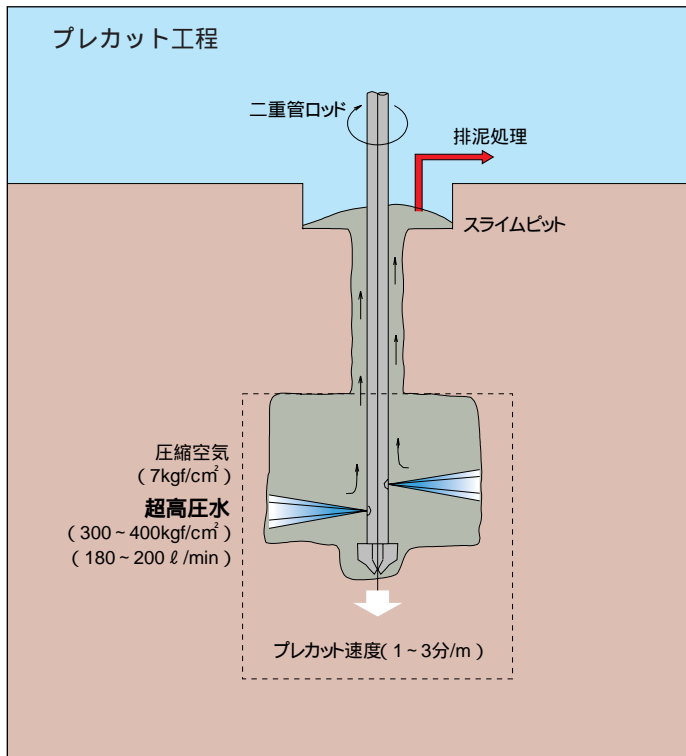
さらに、マイクロパイル工法との併用等により、従来は困難とされていた崖錐層や転石砂礫層においても高い性能を発揮するなど、都市部から山岳部までをカバーする新しいコンセプトの高圧噴射攪拌工法です。



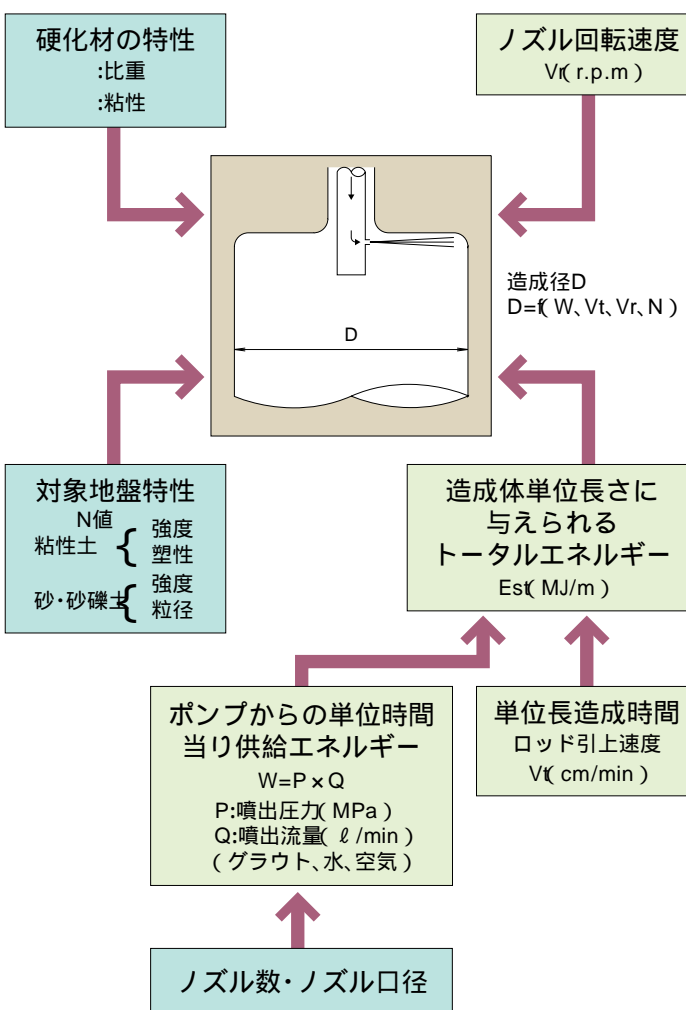
NIJ研究会は、超高压噴流体の持つエネルギーを最大限に活用する高圧噴射攪拌式地盤改良工法並びにマイクロパイル工法の普及・発展・技術の向上をはかり、信頼性に優れ、安全で経済的な基礎地盤の改良・補強工、構造物の支持力対策工などの整備に寄与することを目的として設立された民間の共同研究開発組織です。

イタリアで開発され、同国を中心としてヨーロッパで数多くの施工実績を持つ山岳トンネルの補助工法(通称アンブレラ工法)で鍛えられたマシン、ツール類を積極的に採用し、わが国の施工条件に適應するように開発・改良を重ね、新たに「ジオトルネードミキシング工法」を確立しました。

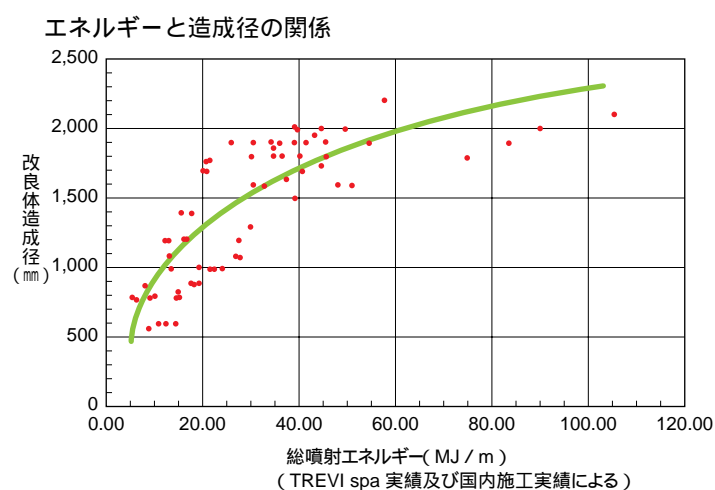
TRIPLE FLUID 施工概要図



ジェットグラウト造成径に影響を及ぼすパラメーター



エネルギーと改良径の関係



噴射エネルギー

造成体単位当たり与えられる噴射エネルギー-E(水、グラウト)は次式で求められる。

$$E(w, g) = P \times Q \times Vt \text{ (MJ/m)}$$

ここに、P; 噴出圧力 (Mpa)
Q; 噴出流量 (m³/min)
Vt; ロッド引上げ速度 (min/m)

圧縮空気の噴射エネルギー(Eia)はTornaghiの公式により次式で求められる。

$$Eia = 0.35 \times Qa \times [(10 \times Pa)^{0.29} - 1] \times Vt \text{ (MJ/m)}$$

ここに、Pa; 圧縮空気噴出圧 (Mpa)
Qa; 圧縮空気噴出流量 (m³/min)
Vt; ロッド引上げ速度 (min/m)

$$\text{総噴射エネルギー } Eit = Eiw + Eig + Eia \text{ (MJ/m)}$$

ジェット噴流体のエネルギーを最大限に生かすことで、施工を合理化します

高圧噴射攪拌工法は、超高压噴流体の持つエネルギーの効率、削孔方法、改良体造成、使用材料の選定、排泥処理など、さまざまな要素から成り立つ総合技術です。これらの諸要素を再検討し、再構築したジオトルネードミキシング工法は、施工条件・使用目的に応じて、材料噴射系、空気・材料噴射系、水・空気・材料噴射系の中から、最も効率の良いジェット噴流方式を選定できるため、経済的で効率の良い施工が可能です。

[システムの特長]

ジェット噴流エネルギーを最重視して、施工の無駄を省くジェットグラウト改良体の造成径に影響を及ぼすパラメーターを総合的に検討し、最も効率の良いジェット噴流エネルギーを選定することによって、施工速度の向上を可能としています。

合理的な施工で、多様な地盤条件に対応
同一機械設備で、3種の噴射系が施工できるため、変化の激しい地盤にも柔軟に対応し、安定した造成径を確保します。

超高压ポンプと多機能油圧削孔機で、スピーディに施工
削孔・造成機は自走式で、機動性に優れており、ロングマストで所定の深度まで一気に削孔します。削孔と改良体造成工程が同一機械で連続して作業できるため、施工がスピーディです。さらに大型ポンプによる超高压噴射が、急速施工を実現しました。

材料ロスがなく排泥処理量を大幅に低減
地盤を切削し、ほぐしている間の材料ロスもなく、セメント系材料が混入して処理コストが高む排泥を大幅に減量します。排泥を現場で有効活用するシステムを併用すれば、排泥処理に要したコストを、さらに削減できます。

噴射エネルギー比較表

比較項目	単位	噴流方式			
		MONO	DOUBLE	TRIPLE	
硬化材	噴出圧力P	Mpa	40	40	40
	噴出流量Q	m³/min	0.14	0.17	0.17
	エネルギー	MJ/min	5.6	6.8	6.8
空気	噴出圧力P	Mpa	-	0.7	0.7
	噴出流量Q	m³/min	-	6	6
	エネルギー	MJ/min	-	1.59	1.59
清水(プレカット)	噴出圧力P	Mpa	-	-	30
	噴出流量Q	m³/min	-	-	0.18
	エネルギー	MJ/m	-	-	5.4
噴射時間(min/m)	改良体1m当りの標準施工時間	(min)	4	6	3+7
	総噴射エネルギー	(MJ/m)	22.4	50.34	79.7
備考	改良体の標準造成径	(cm)	80	160	200

GEO-TORNADO MIXING METHOD

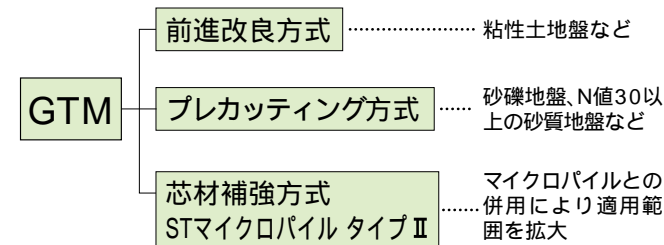
地盤条件や目的に応じて 選択する施工方式、 施工機械は同一です

プレカッティング方式は、地盤を切削し、ほぐす工程と改良体の造成工程を切り離した方式で施工するため、切削水に硬化材が混入しません。地盤を切削し、ほぐす工程で排出される排泥は、硬化材を含まないため、砂・礫分の分離処理が簡単で、切削水として再利用することができます。これによって従来の高圧噴射攪拌工法に比べて、排泥処理費を約30%削減することが可能です。

さらに、改良体を造成する工程でも、硬化材のロスがない、硬化材を含んだ排泥量そのものが少なくなる、などの利点から、施工コストを削減できます。既存の泥水・排泥処理プラントの能力を最大限に引き出すという点からも、合理的なシステムです。

[プレカッティング方式]のほか、地盤条件や目的に応じて[芯材補強方式][前進改良方式]を選択することができます。

ジオトルネードミキシング工法の施工方式



マイクロパイル

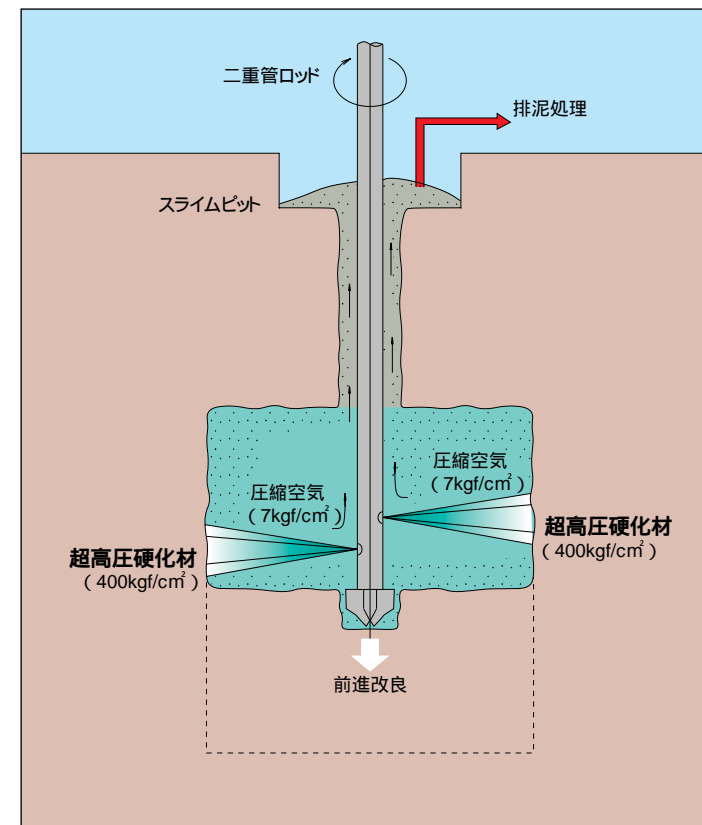
マイクロパイルとは、杭径100~300mm程度の小口径の場所打ち杭・埋込み杭の総称です。地山を削孔して鉄筋、鋼管などの鋼製補強材を挿入し、グラウトを注入してパイルを形成します。機動性の良いコンパクトな施工機械設備で、狭隘な場所でも施工でき、構造物の基礎をはじめ、既設構造物の補強、切土のり面補強などの広範囲な対象に適用されています。

プレカッティング方式

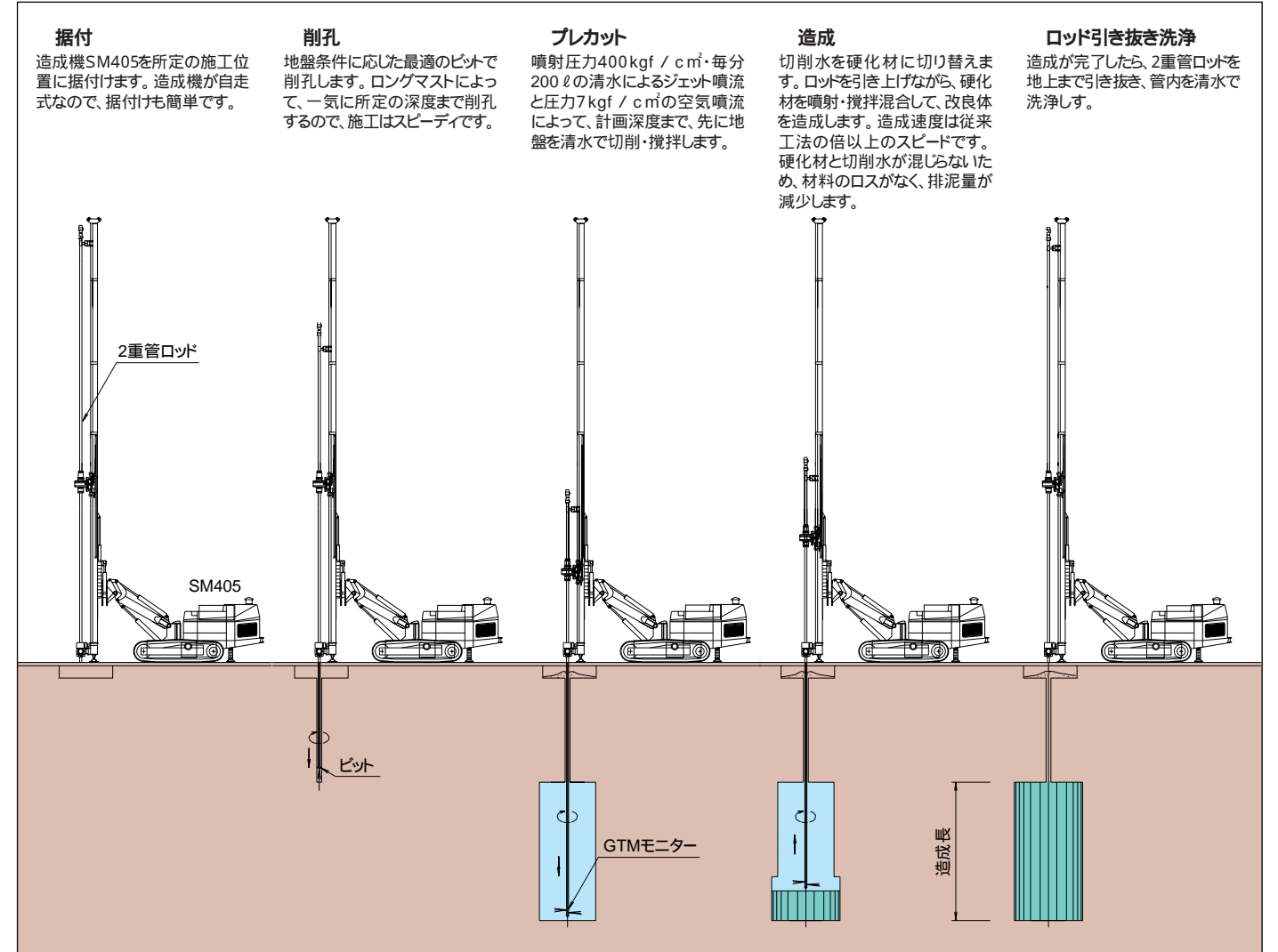
砂礫地盤やN値30以上の砂質地盤では、ジェット噴流の効率を高め、硬化材のロスや排泥量を低減するうえで、地盤を切削し、ほぐす工程と改良体の造成工程を分離する方法が合理的です。プレカッティング方式は、清水で地盤を切削・ほぐした後、清水を硬化材に切り換えて改良体を造成します。ふたつの作業工程を切り離し、しかも同一機械で連続して施工することで、
施工サイクルを短縮、
硬化材のロスを防ぐ、
切削水に硬化材が混じらないため排泥量を減少させる、
などのメリットを生みます。

前進改良方式

粘性土など軟弱地盤の改良については、作業工程を簡略化して、削孔と造成を同時に行う前進改良方式でも充分に対応できます。



施工手順図 プレカッティング方式は、2重管ロッドを使用します。

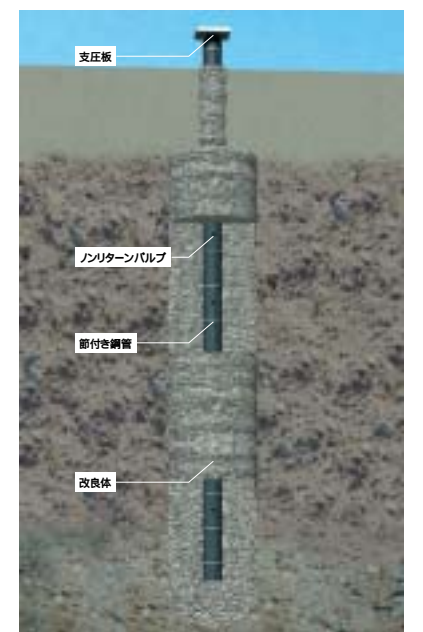


芯材補強方式 (マイクロパイルタイプ)

STマイクロパイルタイプは、小口径高張力鋼管と高圧噴射改良体が一体化した、合成鋼管杭工法です。節突起付き鋼管と高圧噴射改良体との一体化および改良体の地盤抵抗により、小口径にもかかわらず大きな軸方向支持力を確保できるとともに、高張力鋼管の曲げ抵抗と改良体の水平地盤抵抗により、比較的大きな杭の水平抵抗を期待できます。



既設橋梁基礎の耐震補強



STマイクロパイルタイプ

GEO-TORNADO MIXING METHOD

都市部から山岳部まで
適用範囲の広さが
実証されています

ジオトルネードミキシング工法は、地盤条件や目的に応じて最も効率の良いジェット噴流の方式を選択することができるため、極めて広い適用範囲を誇ります。従来では困難とされていた崖錐層や転石砂礫層においても高い性能を発揮するなど、都市部から山岳部までをカバー、あらゆる条件で急速施工を実現します。

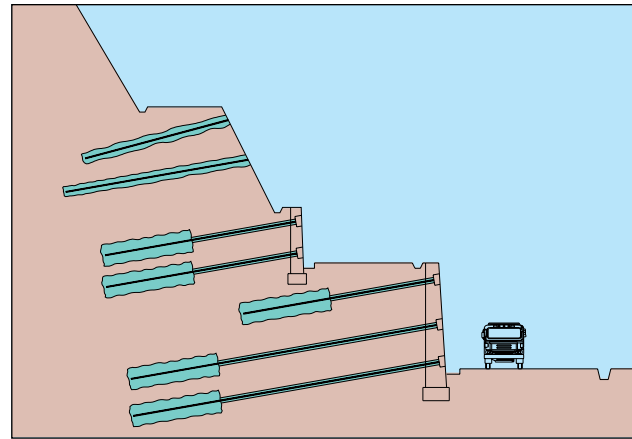
プレカッティング方式は、底盤改良など深度の深い部分の地盤固化や遮水壁の構築などの3次元的な地盤改良に適しています。

前進改良方式は、粘性土など軟弱地盤を対象に、土留壁の構築などの二次元的な工事に適しています。

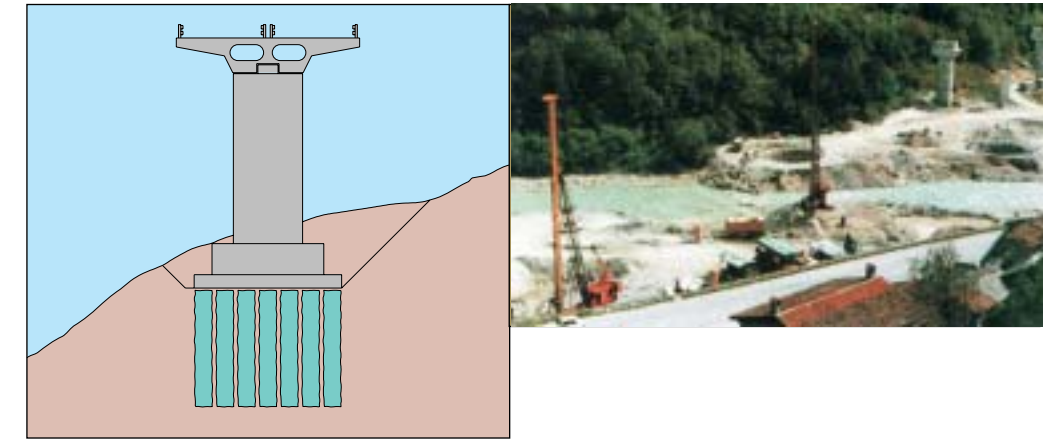
芯材補強方式は、改良体の中心に補強芯材が残置されているため、摩擦杭としての大きな支持力・引抜き力、曲げ剛性が期待でき、基礎杭や土留壁などにも適用できます。

ここに上げた適用例は、いずれも、海外で、すでに施工実績のあるものばかりです。

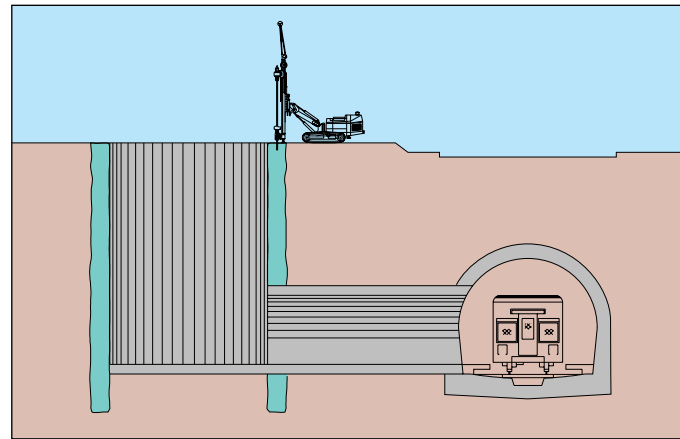
のり面補強



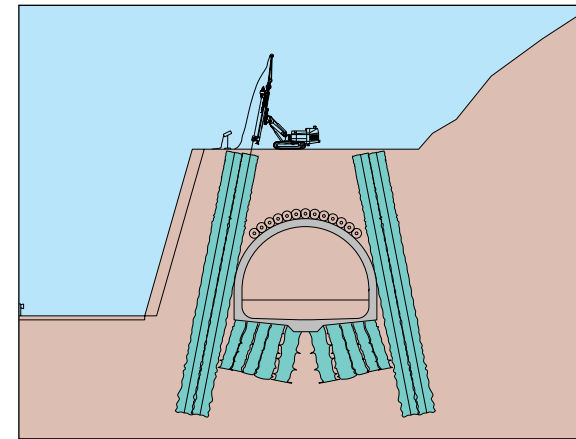
橋脚基礎



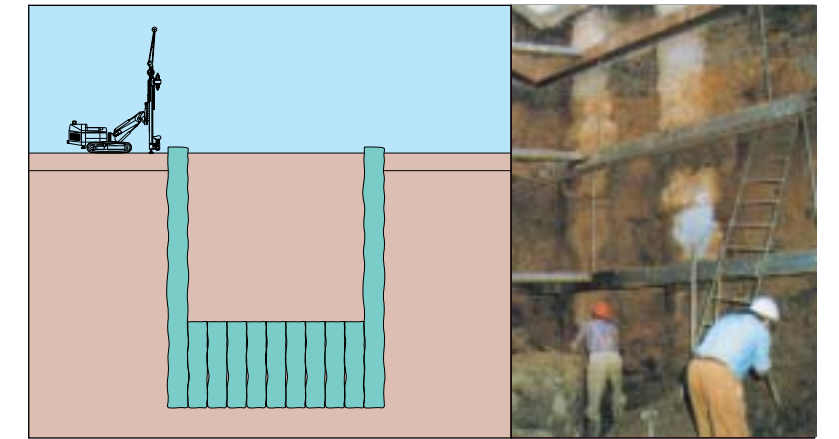
円形立坑の強化



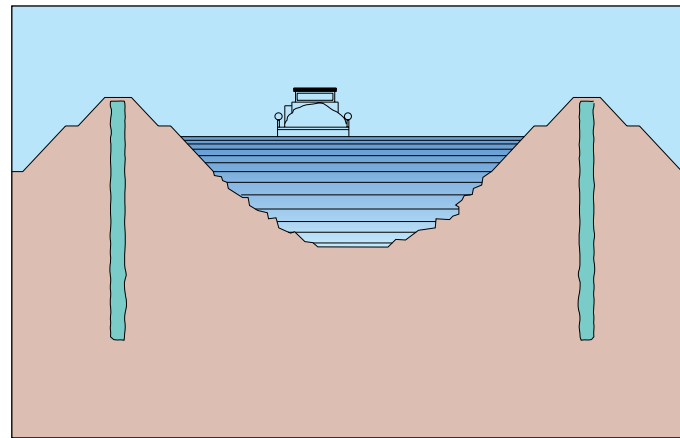
トンネル対策



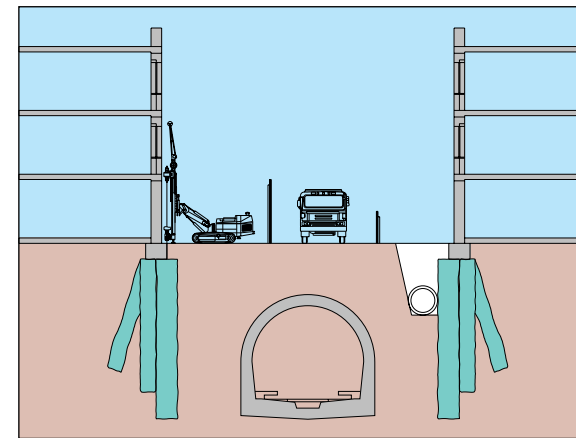
立坑の施工



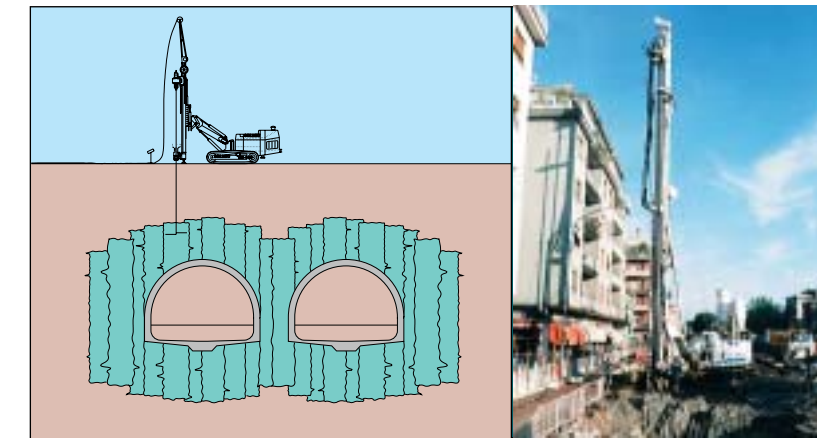
堤体内の止水壁



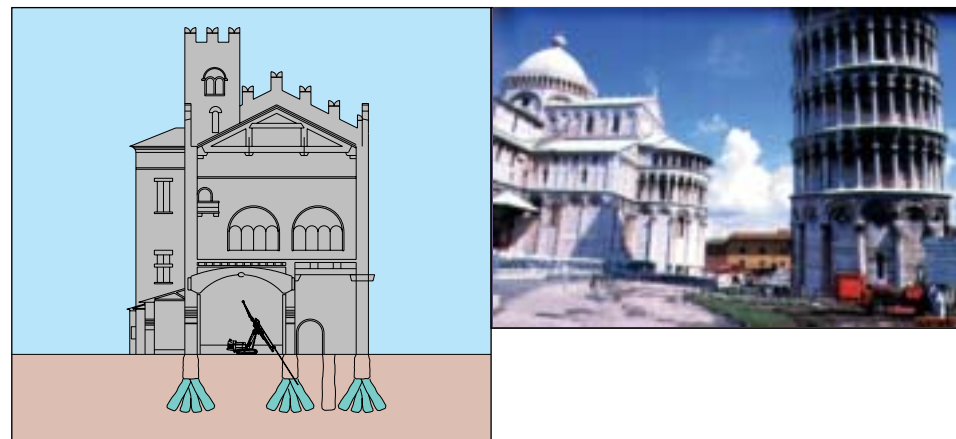
地下鉄掘削時の地盤固化



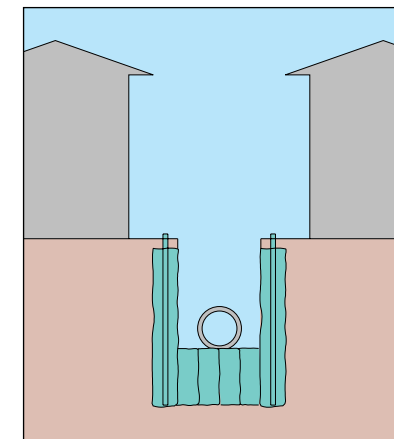
地下鉄掘削時の地盤固化



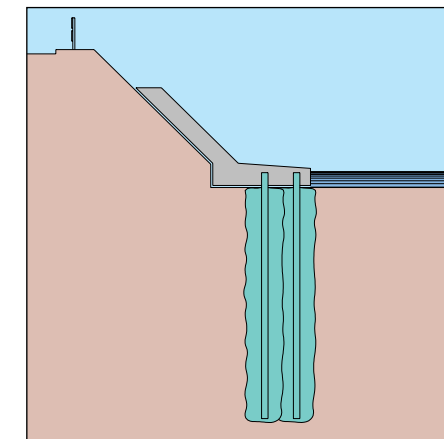
基礎地盤の補強



土留壁



止水壁



GEO-TORNADO MIXING METHOD

さまざまな条件下で、 確実にスピーディな 施工を実証

ジオトルネードミキシング工法は、すでに日本各地のさまざまな条件下で試験施工・本施工を実施し、その優秀性を実証しています。特に、大型機械の導入による施工スピードの速さは、高い評価を得ました。また、崖錐層や転石砂礫層でも目標値の改良体を造成することを実証、適用地盤の範囲を拡大しました。

近接施工における溝壁防護工 [新潟県]

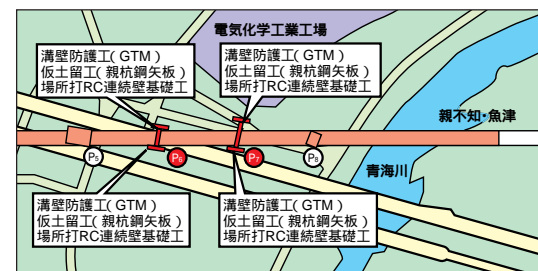
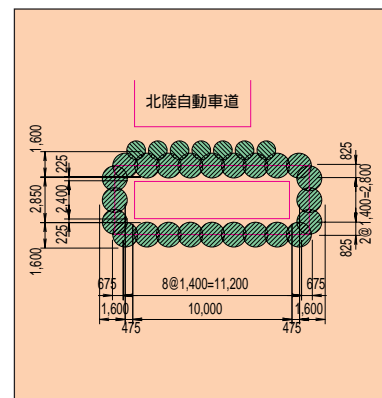
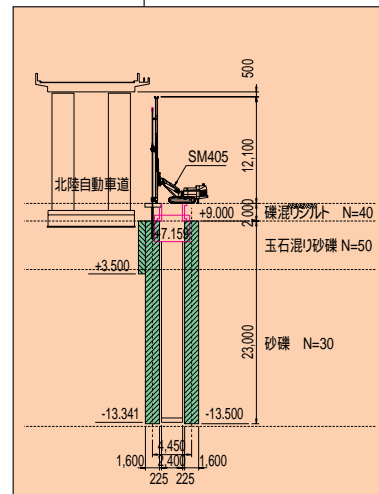
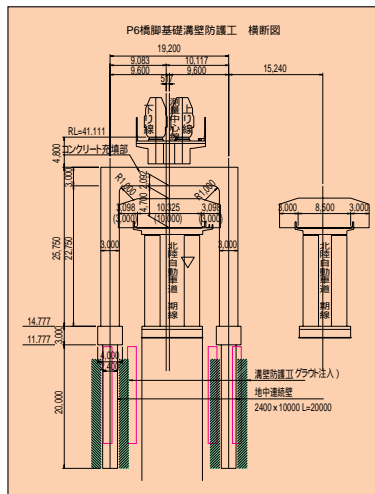
水・空気・材料噴射系 TRIPLE FLUID

北陸自動車道高架橋との交差個所における北陸新幹線の橋梁基礎工事において、直径1,600mm、長さ23mの改良体を96本施工しました。

地中連続壁基礎を構築する際の溝壁防護工として、GTM工法により、地下水の豊富な砂礫地盤の止水と強度増加を目的とした改良を実施しました。

工事箇所は青海川によって形成された谷間扇状地で転石、玉石などの粗大石を多く含み、透水係数は $2.1 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ ~ $3.2 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ と著しく大きい砂礫地盤での施工です。試験施工に基づき改良効及び施工手順等の確認を行ない、本施工では品質管理および改良体強度を把握する目的でコアボーリング等を実施し、透水性及び強度が設計目標値 (3N/mm^2) を満足していることを確認しました。

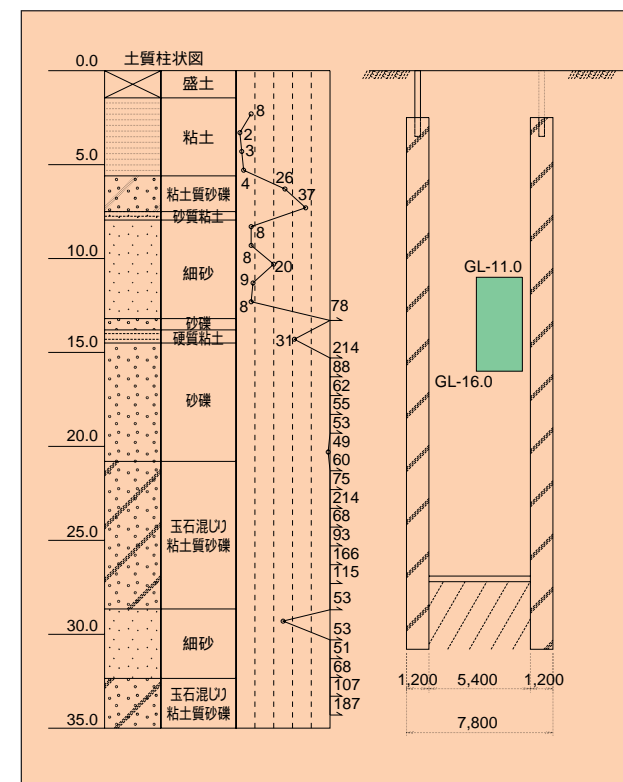
また、近接構造物の防護が達成できました。



都市部のシールド立坑 [東京都]

空気・材料噴射系 DOUBLE FLUID

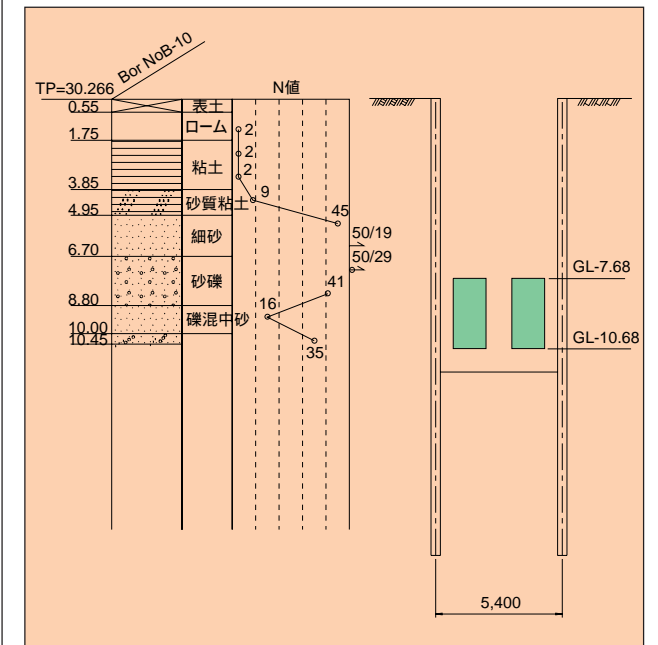
連続地中壁で構築されたシールド発進立坑内で、SM405を用いた(空気+材料噴射系)試験施工を実施しました。N値50以上の砂礫層で、直径1400mm、一軸圧縮強度40~80kgf/cm²の改良体を造成しました。



平野部の泥水推進立坑 [茨城県]

水・空気・材料噴射系 TRIPLE FLUID

排水工事に関連した泥水推進工事において発進到達立坑の地盤改良工として、試験施工・本施工を実施しました。SM405を用いた二重管によるプレカッティング方式(水+空気+材料噴射系)で施工し、N値50程度の砂~砂礫層で、直径1800mm、目標強度10kgf/cm²(低強度タイプ)の改良体を造成しました。



GEO-TORNADO MIXING METHOD

多機能油圧削孔機と超高压ポンプで急速施工を実現

ジオトルネードミキシング工法は、機動性に優れ汎用性の高い多機能油圧削孔機械、信頼性の高い削孔ツール類、高効率・超高压のジェットグラウトポンプなど、世界最高水準の要素技術を積極的に採用し、日本の施工条件に合うように独自に施工方式を開発した総合技術です。



MONO FLUID ツール

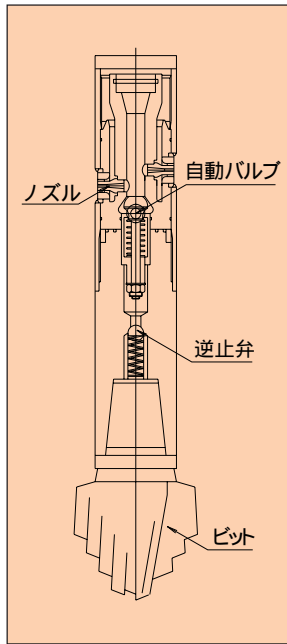


DOUBLE FLUID ツール

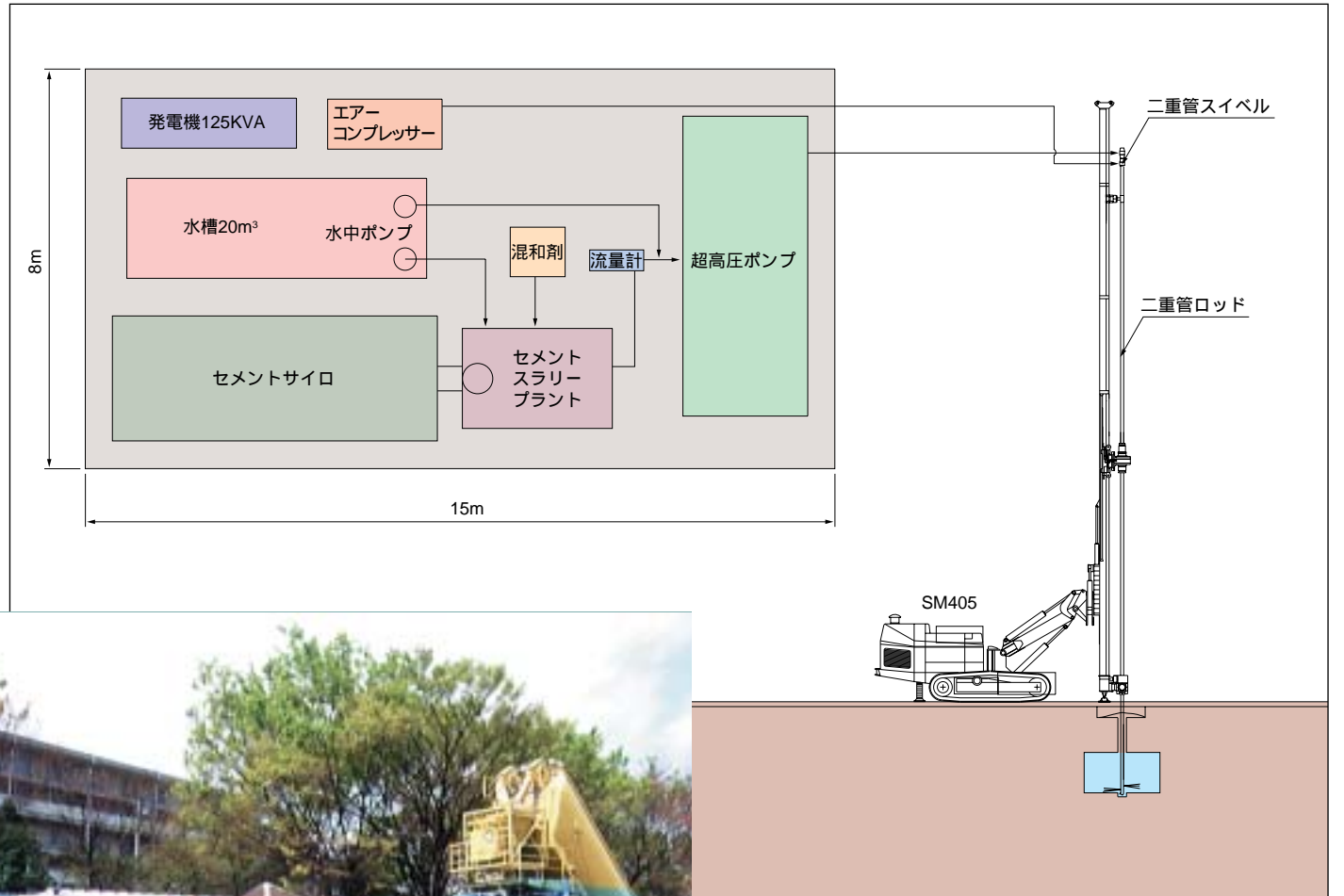


TRIPLE FLUID ツール

TRIPLE FLUID ツールモニター部



施工プラント [標準プラント配置図]



油圧掘削リグ機械諸元比較表

	SM-103	SM-400	SM-405	CM40JM
掘削リグ機械概要図				
エンジン出力	57/2300	139/2150	152/2200	160/2100
単位				
PS/rpm				
本体寸法 (L x W x H)	3.4 x 0.75 ~ 1.1 x 2.1	7.3 x 2.3 x 2.6	9.2 x 2.5 x 2.9	14.4 x 2.5 ~ 3.6 x 3.1
本体重量	4.5	11.0	16.2	35.0
登坂能力	36.5	55	37	
走行速度	2.8	3.1	2.6	2.0
給圧力	3060	3600	5100	10000
引抜力	6300	8100	11200	10000
ストローク長	1.33	4.0	4.0	18.5
ガイドセル長	2.1	6.047	6.315	23.0
ロータリー	最大トルク 933	1200	1500	2400
回転数	359	463	560	191
ドリフタ (トップハンマー)	最大トルク 933	1200	1200	1200
打撃数	359	463	463	463
回転数	3000	1700 ~ 3100	1700 ~ 3100	1700 ~ 3100
打撃エネルギー	28	18 ~ 40	18 ~ 40	18 ~ 40
ダウンザホールハンマー	使用可	使用可	使用可	使用可
最大掘削深度	30	370	550	
使用ケーシング (ロッド) の径	60 ~ 225	60 ~ 315	60 ~ 315	60 ~ 315

SOILMEC

イタリア・チェゼナに本拠を置くトレヴィグループの中で、重機械の開発を担っています。同社が開発した多機能油圧掘削機SMシリーズは、土木から建築まで、一台で様々な工種をこなす汎用性と信頼性が高く評価され、世界的に普及しています。

ソイルメック超高压大流量 3連プランジャーポンプ

モデル	4TS-350	5T-302	7T-450
最大圧力	600	600	650
吐出量	48 ~ 210	86 ~ 330	122 ~ 462
ストローク数	50 ~ 140	50 ~ 140	50 ~ 140
プランジャー径	63.5 (2 1/2) / 76.2 (3) / 80.0	76.2 (3) / 88.9 (3 1/2)	76.2 (3) / 88.9 (3 1/2)
ストローク長	101.6 (4)	127.0 (5)	177.8 (7)
吐出口径口	19 (3/4)	19 (3/4)	19 (3/4)
吸入口径	ブースタポンプ側	101.6mm (4)	101.6mm (4)
	ポンプ本体側	50.8mm (2)	50.8mm (2)
メルセデスディーゼルエンジン	OM442A 270Kw (368HP)		OM442LA 375Kw (510HP)
ポンプのみ重量	3,100	4,200	4,600
コンテナ寸法	L x W x H 6,055mm x 2,435mm x 2,585mm		
コンテナ総重量	10,600	12,000	12,000

オプション: 防音コンテナ、ブースタポンプ、記録装置等

GTM工法は東洋建設㈱のPAT.です。NIJ研究会は実施権許諾を受けて施工しています。PAT.NO-2923758他