

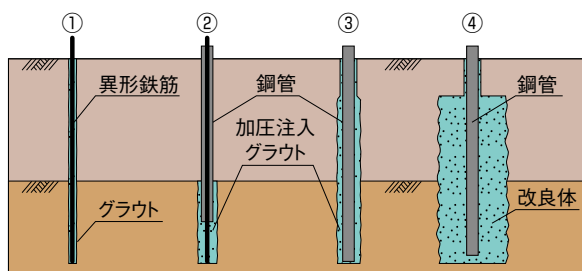
STRONG-TUBFIX MICROPILES

構造物の基礎・地盤の補強に 新しいテクノロジー ST マイクロパイル工法

マイクロパイルとは、小口径(φ300mm以下)の場所打ち杭や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、グラウト材としてセメントミルクまたはセメントモルタルを加圧注入して築造します。

1950年代に、煉瓦、石造りの寺院、教会等の歴史的建造物の補修や基礎の補強から生まれた技術であり、ヨーロッパを中心として発展しました。複雑な地盤に柔軟に対応できることから、構造物の基礎をはじめ、構造物の補修、地盤補強などの広範囲な対象に適用されています。

●マイクロパイルの分類



タイプ	①	②	③	④
補強材料	鉄筋	鉄筋、鋼管	鋼管	鋼管
定着方式	全面定着	部分定着	全面定着	全面定着

NIJ研究会では、欧州で発達した「DRILLED foundations」関連技術を導入。幅広い地盤条件に対応した汎用性の高い小口径場所打ち杭工法として、『ST マイクロパイル工法』を確立しました。

ST マイクロパイル工法は、セメントグラウト材を加圧注入して、付着性能の改善された高強度鋼管と合成させるもので、タイプⅠ(小口径合成鋼管杭タイプ)とタイプⅡ(高圧噴射式地盤改良との併用タイプ)のふたつのタイプがあります。

■NIJ研究会

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。ST マイクロパイル工法は東洋建設㈱のPAT. で、NIJ 研究会は実施権許諾を受けて施工しています。

ST マイクロパイル工法 タイプⅠ

●施工概念図



●ST マイクロパイル工法 タイプⅠに適用可能な鋼管諸元

鋼管 (mm)		節加工仕様 (mm)		鋼管の種類 (標準仕様)
外径 D_s	鋼管肉厚 t	節加工高さ h	節加工間隔 p	
165.2	7.1	2.5以上	600	STK540 STKT590*
216.3	12.0			
267.4	12.0			

* STKT590 : 鉄塔用高張力鋼管 (JISG3474)

【ST マイクロパイル工法 タイプⅠの特長】

ST マイクロパイル工法 タイプⅠは、セメント系グラウト材を加圧注入して、付着性能の改善された鋼管と合成させるもので、地盤の支持力はベース部およびスキン部のセメントグラウトで受け持ち、杭体応力は主として高強度で高靱性の鋼管が負担する合理的な基礎杭です。

【ST マイクロパイル工法 タイプⅠの支持力算定】

①支持力機構

上部構造から杭頭の鋼管に伝達された軸方向荷重をグラウトを介して地盤に伝達し、地盤と加圧注入を行ったグラウト間での周面摩擦抵抗および先端地盤抵抗によって支持します。

②先端支持地盤への根入れ

これまでの施工実績を考慮し、良好な支持地盤中に杭を根入れさせる支持杭として設計することを基本とし、原則として鋼管先端を先端支持層に1m程度根入れさせます。

③杭の周面摩擦抵抗を考慮する範囲

鋼管とグラウトは全面定着されますが、軸方向支持力の推定にあたっては、フーチング下端から $1/\beta$ の範囲は設計上の周面摩擦抵抗を考慮しません。

④鉛直支持力の算定

鉛直支持力の算定は、削孔径 D_g を杭径として算出します。また、杭自重は小さいため、自重を無視して支持力を算出します。

●地盤から決まる杭の極限押込み支持力

地盤から決まる極限押込み支持力 R_u は、次式により算出する。

$$R_u = U_g \sum L_i \tau_{gi} + q_d A_g$$

ここに、

R_u : 地盤から決まる杭の極限押込み支持力 (kN)

U_g : グラウト体の周長 (m) $= D_g \times \pi$

《 D_g : グラウト体の外径(削孔径) (m)》

L_i : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)

τ_{gi} : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度 (kN/㎡)

q_d : 杭先端における単位面積あたりの極限支持力度 (kN/㎡)

$$A_g : \text{グラウト体の先端面積 (㎡)} = \frac{\pi D_g^2}{4}$$

●最大周面摩擦力度

地盤の種類	τ_{gi} (kN/㎡)
風化岩・軟岩	200~450
砂質土	5N (≤ 200)
粘性土	C または 10N (≤ 150)

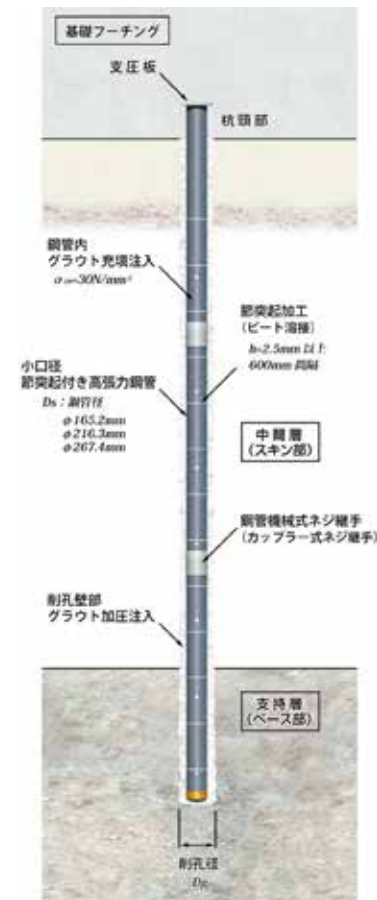
ただし、Cは地盤の粘着力(kN/㎡)、Nは標準貫入試験のN値

●杭先端の極限支持力度

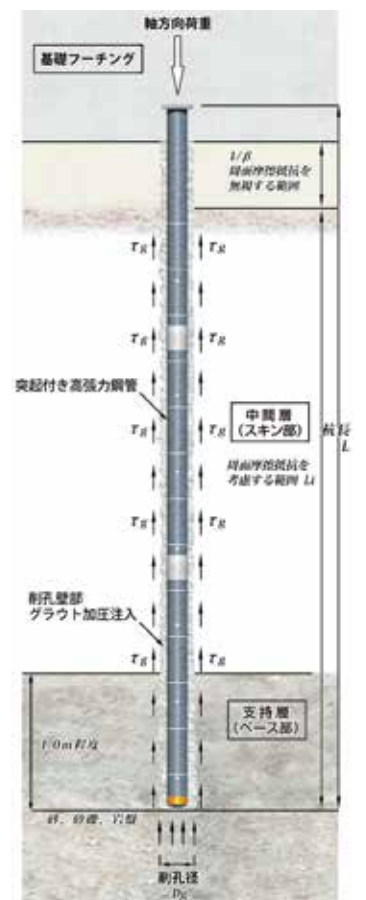
地盤の種類	q_d (kN/㎡)
砂礫層及び砂層 (N値 ≥ 30)	3,000
良質な砂礫層 (N値 ≥ 50)	5,000
硬質粘性土・風化岩・軟岩	$3q_u$

ただし、 q_u は一軸圧縮強度 (kN/㎡)

●タイプⅠの構造



●タイプⅠの軸方向支持力機構

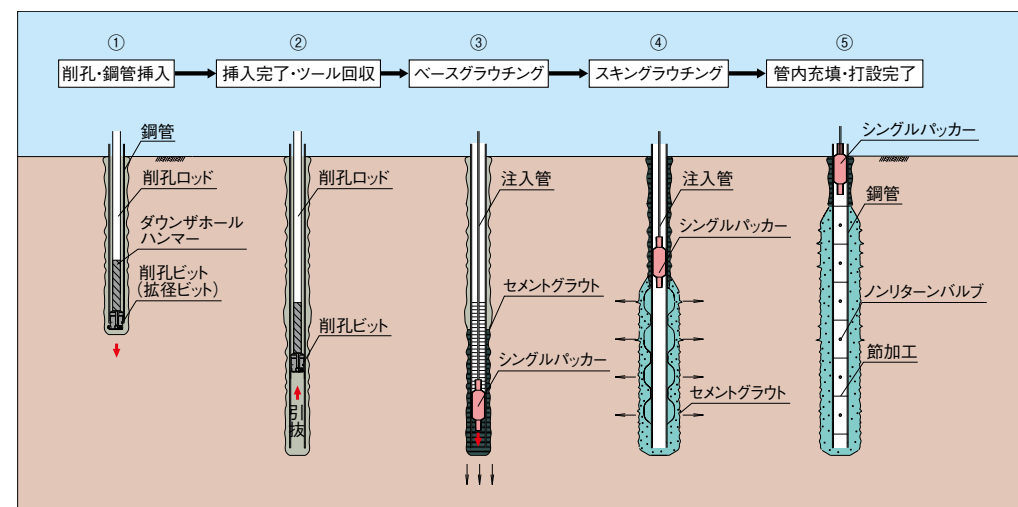


STRONG-TUBFIX MICROPILES

STマイクロパイル工法 タイプⅠの施工

STマイクロパイル工法 タイプⅠは、拡径ビットを利用した乾式二重管削孔方式により小口径鋼管を直接打設し、注入用パッカー装置を用いたグラウトの段階加圧注入によって鋼管とグラウトが一体となった合成杭を形成する小口径場所打ち杭です。

●施工要領



【マイクロパイルの削孔方式】

一般にマイクロパイルの削孔方式は、回転のみで削孔する回転式と、回転と打撃で削孔する回転打撃式に分けられ、駆動装置・スライム排除方式・削孔ツール類との関連で回転式はロータリー削孔とオーガー削孔に、回転打撃式はトップハンマー削孔(地上駆動装置式)とD.T.H削孔(地下駆動装置式)に分類されます。

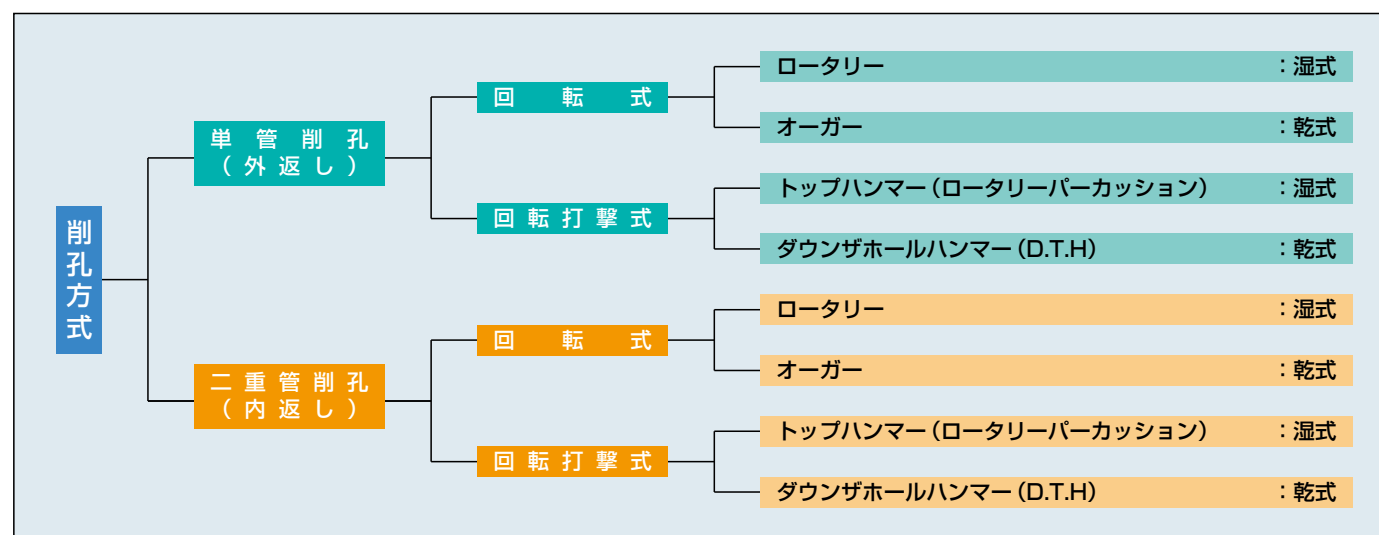
また、削孔方式は、削孔時のスライム排出方式、使用する安定液(清水、泥水等)と孔壁防護工との関連で、湿式と乾式および単管外返し方式と二重管内返し方式に分けられます。

STマイクロパイル工法では、削孔時の安定液(清水、泥水等)による地山の乱れ、適用する杭諸元(鋼管径・肉厚)およびこれまでの施工実績を考慮し、乾式二重管削孔によることを原則としています。

【乾式二重管削孔方式の特長】

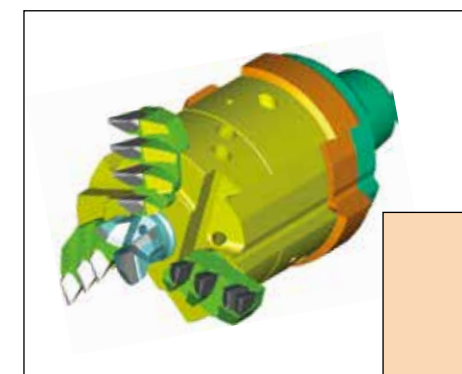
- ① 削孔時に泥水等の安定液を使用しないため、泥水処理設備が不要で地山の乱れを抑えます。
- ② 適用鋼管径(φ100~300mm)が多く、大深度(50m以上)削孔にも対応できます。
- ③ 回転式削孔は、削孔時の騒音・振動が小さく、都市部などの粘性土・砂質土に適します。
- ④ D.T.Hによる先端打撃削孔は、玉石・転石層などにおいても削孔効率がよく、直進性に優れています。
- ⑤ 同じ削孔機械で回転削孔方式とD.T.Hによる回転打撃削孔方式の使い分け・併用が可能で、土質条件・環境条件に対する適用性に優れています。

●削孔方式の分類



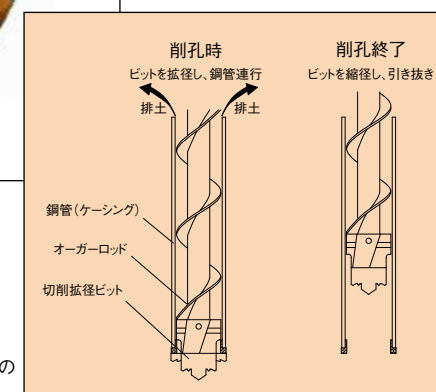
●回転式削孔

回転式削孔は、粘性土や砂質土などを対象とする場合や、騒音・振動を抑制する必要がある施工条件などにおいて採用される削孔方式です。回転力と押込み力で削孔するため、硬い地盤では一般に施工能率が低下します。STマイクロパイル工法では、切削拡径ビットとオーガー併用により削孔時に安定液(清水、泥水等)を使用しない乾式二重管削孔によって鋼管を直接打設する方式を採用しています。



切削拡径ビット

回転削孔方式の削孔システム



削孔ツール装備状況



削孔・排土状況

●回転打撃式(ダウンザホールハンマー)削孔

ダウンザホールハンマー(D.T.H)方式による回転打撃削孔は、削孔ドリル本体を削孔ビット直上に取り付け、ロッドを通して送られてくる圧縮空気によってシリンダー内のハンマーピストンが往復運動をおこし、先端削孔ビットを直接打撃するため、エネルギーロスが少なく、削孔の方向性に優れています。

岩盤をはじめとして、巨礫層、転石・玉石混じり砂礫層など、複雑な地盤に対する削孔性能が高い反面、ハンマーの効率的な運動と孔のクリーニングには、削孔径・使用ツールズに応じた空気量・空気圧・管内流速の設定や施工環境に応じた粉塵対策が重要となります。



削孔状況

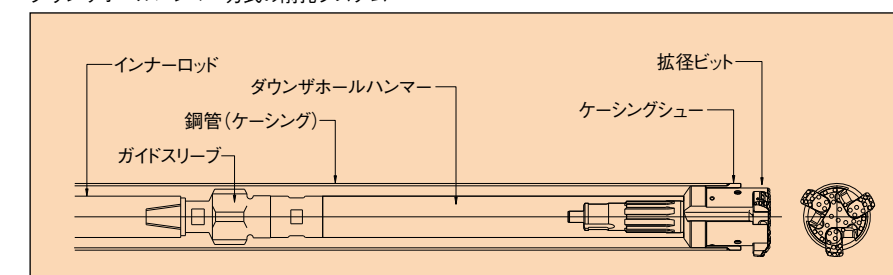
回転拡径型ビット



リングロスト型ビット



ダウンザホールハンマー方式の削孔システム



STRONG-TUBFIX MICROPILES

低振動・低騒音で工事ができ 大きな支持力を発揮する 合理的な基礎工法です

STマイクロパイル工法 タイプIIは、小口径鋼管杭と高圧噴射式地盤改良とが一体化した、従来工法にはない、施工性と経済性を確保する新しい基礎工法です。

信頼性の高い高圧噴射式地盤改良工法であるGTM工法との併用により、地盤改良体を有効径とする大きな地盤の鉛直および水平支持力を得ることができます。

地盤条件に応じたジェット噴流エネルギーを選定することによって、安定した造成径を確保するとともに、処理コストがかさむ排泥も大幅に低減しています。

埋立地や都市部などの緩い砂質地盤においても大きな支持力を発揮し、既設構造物直下地盤の液状化対策、既設構造物の耐震補強などにも利用可能です。

■GTM工法(GEO-TORNADO MIXING METHOD)

GTM工法は、従来は困難とされた転石・砂礫層などにおいても優れた性能を発揮する、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地盤改良工法です。
施工条件・使用目的に応じて、最も効率のよいジェット噴流方式を選定できるため、経済的で効率のよい施工が可能です。

STマイクロパイル工法 タイプII

●施工概念図



【STマイクロパイル工法 タイプIIの特長】

■設計面

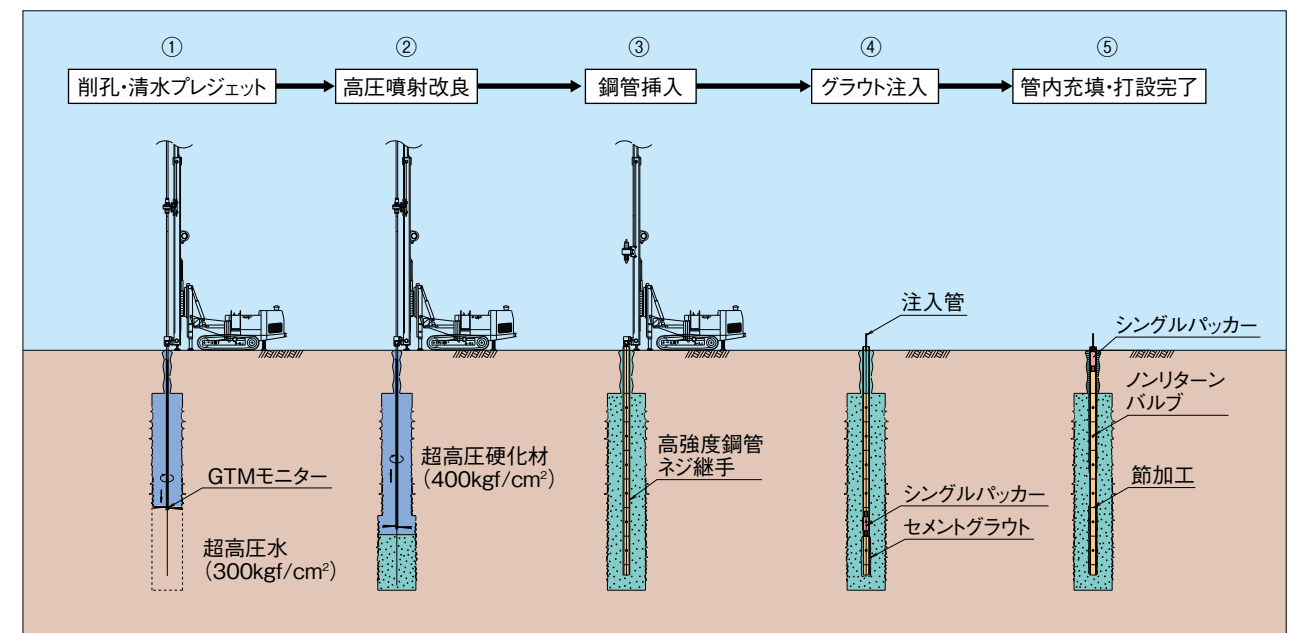
- ①節突起付き鋼管と改良体の一体化および改良体の地盤抵抗により、小口径杭にもかかわらず大きな軸方向支持力が確保できます。
- ②高張力鋼管の曲げ抵抗と改良体の水平地盤抵抗によって、比較的大きな杭の水平抵抗を期待できます。
- ③高圧噴射攪拌技術は、液状化対策などの地盤改良として併用することができます。

■施工面

- ①ロータリー式の削孔・改良体造成のため、騒音や振動を最小限に抑えることができます。
- ②施工機械が小さいため、狭隘かつ低空頭の場所でも施工が可能です。
- ③軟弱地盤から砂礫地盤等まで幅広い地盤での施工が可能です。
- ④施工速度が速く、仮設備を含めたトータルコストの縮減・工期の短縮が可能です。



●施工要領



橋梁基礎の耐震補強



改良体造成状況

STRONG-TUBFIX MICROPILES

厳しい地盤条件下でも 確実にスピーディな 施工を実証

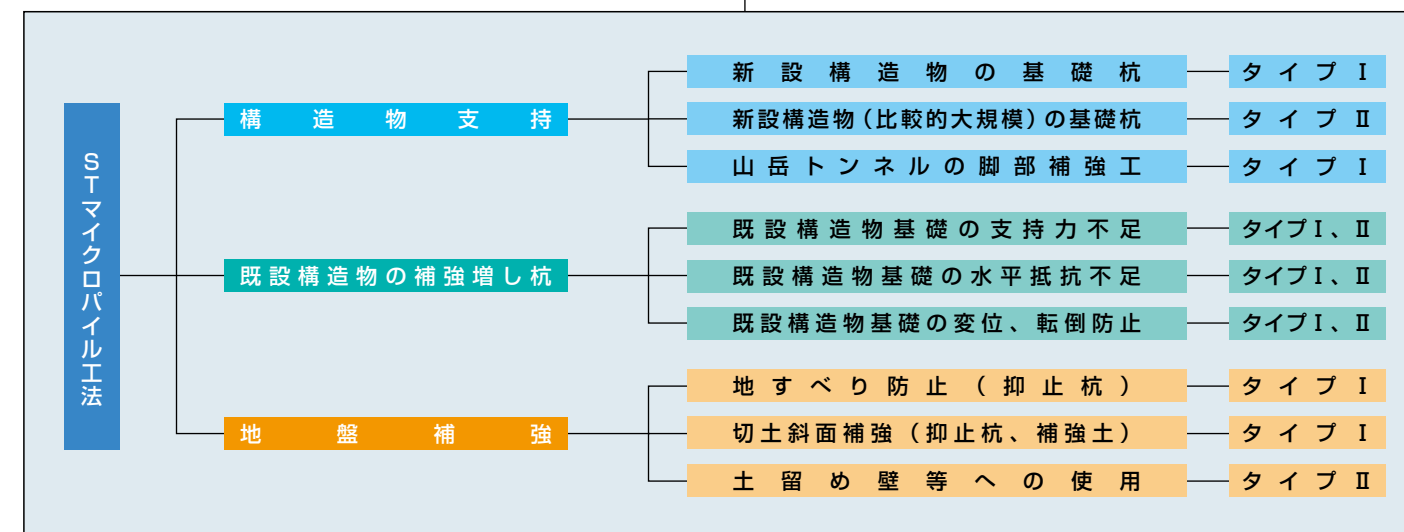
STマイクロパイル工法は、すでに日本各地の様々な施工条件で、その確かさを実証しています。

機動性に優れた多機能油圧削孔機械、信頼性の高い削孔ツール・注入装置など、コンパクトな施工システムで工期の短縮、工費の節減に役立っています。

【STマイクロパイル工法の特長】

- ①機動性のよいコンパクトな施工機械設備で、狭い場所でも施工できる
- ②削孔性能に優れ、複雑な地盤条件下でも施工可能である
- ③振動や騒音を最小限に抑えることができる
- ④仮設費を含めたトータルコストの縮減が可能

●STマイクロパイル工法の適用分野

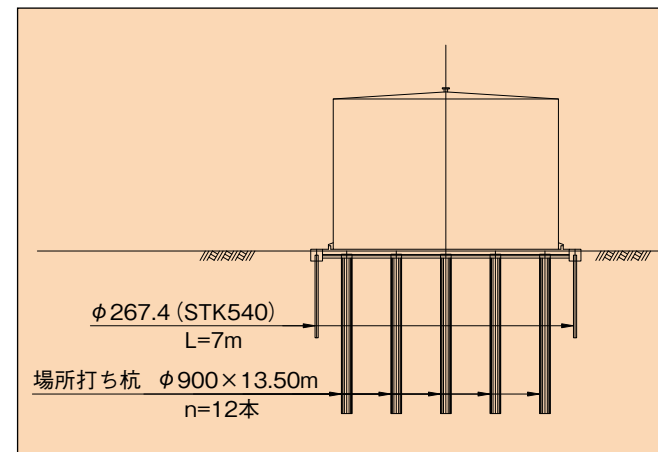


国内の施工実績

●既設貯水槽の耐震補強

都市部・住宅地区における既設貯水槽の耐震補強に、STマイクロパイル工法 タイプⅠが採用されました。削孔水を用いない乾式削孔により地山の乱れが少なく、施工時の騒音・振動を小さく抑えることができる増し杭補強工法として、STマイクロパイル工法 タイプⅠが選定されました。

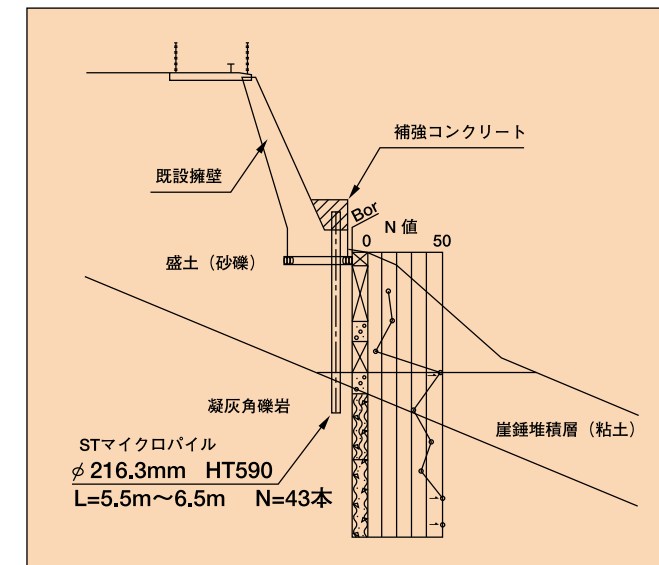
杭径=φ267.4mm、t=12mm、杭長=7m



●既設擁壁基礎の補強

狭隘・傾斜地における既設擁壁の補強杭として、STマイクロパイル工法 タイプⅠが採用されました。基礎の補強規模・面積を小さく抑えることができ、既設擁壁への影響が少なく、大がかりな仮設設備の必要がないことなどの経済性も考慮して、STマイクロパイル工法 タイプⅠによる補強が選定されました。

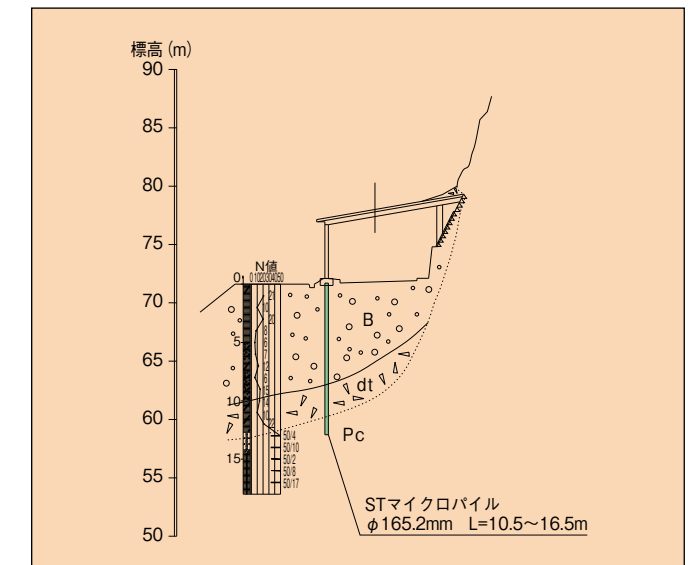
杭径=φ216.3mm、t=12mm、杭長=5.5～6.5m



●スノーシェッドの基礎補強

山岳トンネル坑口部に設置されていたスノーシェッドの改築・改修工事に関連し、スノーシェッド基礎補強にSTマイクロパイル工法 タイプⅠが採用されました。既設構造物に対する影響が少なく、空頭制限のある狭隘な箇所でも施工できる増し杭補強工法として、STマイクロパイル工法 タイプⅠが選定されました。

杭径=φ165.2mm、t=7.1mm、杭長=10.5～16.5m



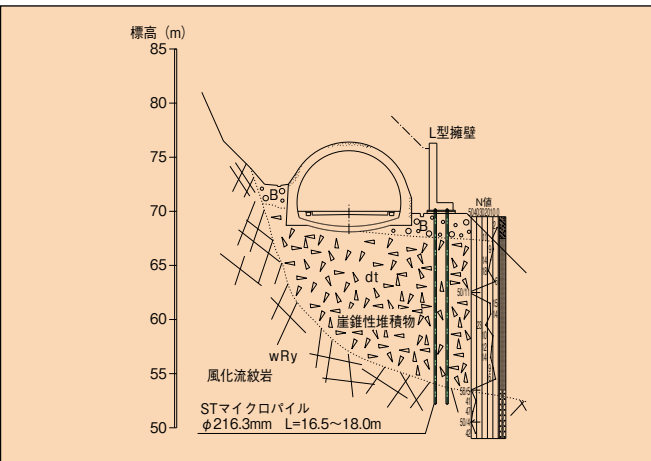
STRONG-TUBFIX MICROPILES

国内の施工実績

●L型擁壁の基礎（新設）

山岳道路の急傾斜地崩壊対策工事において、L型擁壁の基礎杭にSTマイクロパイル工法 タイプIが採用されました。狭大な施工現場において、仮設費を含めたトータルコストの縮減と、複雑な地盤条件における適用性が評価され、STマイクロパイル工法 タイプIが選定されました。

杭径=φ216.3mm、杭長=16.5~18.0m



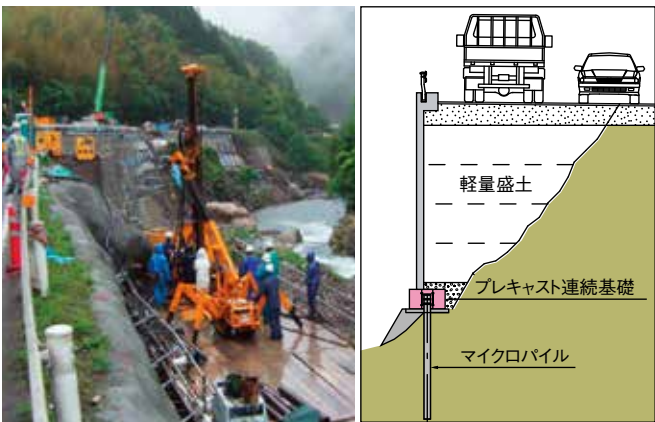
●山岳トンネル脚部補強工



●軽量盛土の基礎

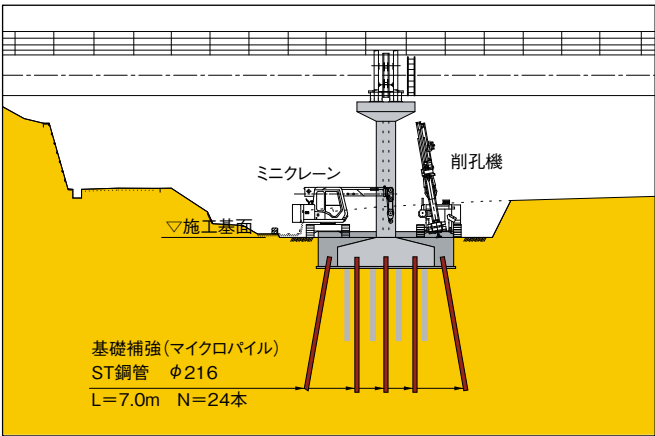
山岳部の道路拡幅工事において、軽量盛土の基礎支持力対策として、STマイクロパイル工法 タイプIが採用されました。地盤条件が複雑な狭隘箇所において、既設道路や斜面に悪影響を与えず効率的な施工が可能であるとして、STマイクロパイル工法 タイプIが選定されました。

杭径=φ165.2mm、杭長=3.5~7.5m



●既設水管橋の耐震補強

空頭制限のある既設水管橋基礎の耐震補強工事において、既設構造物に悪影響を与えず・合理的な増し杭補強ができる杭工法として、STマイクロパイル工法 タイプIが採用されました。複雑な地盤条件に柔軟に対応でき、直杭と斜杭の施工が可能なこと等も評価され、STマイクロパイル工法 タイプIが選定されました。杭径=φ216.3mm、杭長=7m



施工機械一覧表

			SM-103HD	SM-400	SM-401
施工機械概要図			標準マスト：3.6m 	標準マスト：7.1m ウインチ付：8.9m 	標準マスト：7.6m ウインチ付：9.9m ショートマスト：4.6m
定 格 出 力	単位	kW	41.6	102.2	116
	機 体 重 量	kN	66	108	131
機 械 幅	機 械 長	m	2.2	2.3	2.3
	標準マスト高	m	4.4	5.4	6.6
機 構	標準ストローク長	m	3.6	7.1	7.6 (4.6)
	給 圧 力	kN	2.3	4.0	4.0 (2.1)
ヘドッリドル	引 抜 力	kN	30.0	35.8	45.0
	最大トルク	kN・m	62.0	79.4	89.0
ロータリー	回 転 数	rpm	9.15	11.9	14.0
	ダウンザホールハンマー		0~359	0~461	0~238
標準ロッドの径	適 用 鋼 管 径	mm	使用可	使用可	使用可
		mm	60~90	60~114	60~140
最小空頭制限への対応	公 称 打 設 角 度	度	φ165.2~216.3	φ165.2~267.4	φ165.2~267.4
		度	空頭制限3.8m以上	空頭制限7.3m以上	空頭制限7.8m以上 ショートマストで4.8m対応可
備 考			0~360	0~270	0~270
			最も小型で低空頭作業が可能である。杭諸元、土質条件によっては施工能力を検討する必要がある。	STマイクロパイルの標準的な機械で、径267.4mmまでの鋼管に対応できる。	施工能力が高く、機動性に優れる。径267.4mmの鋼管に対応でき、オプション仕様で径318.5mmまで対応できる。

載荷試験



押込み裁荷試験



引き抜き裁荷試験

鋼管の性能試験



曲げ試験



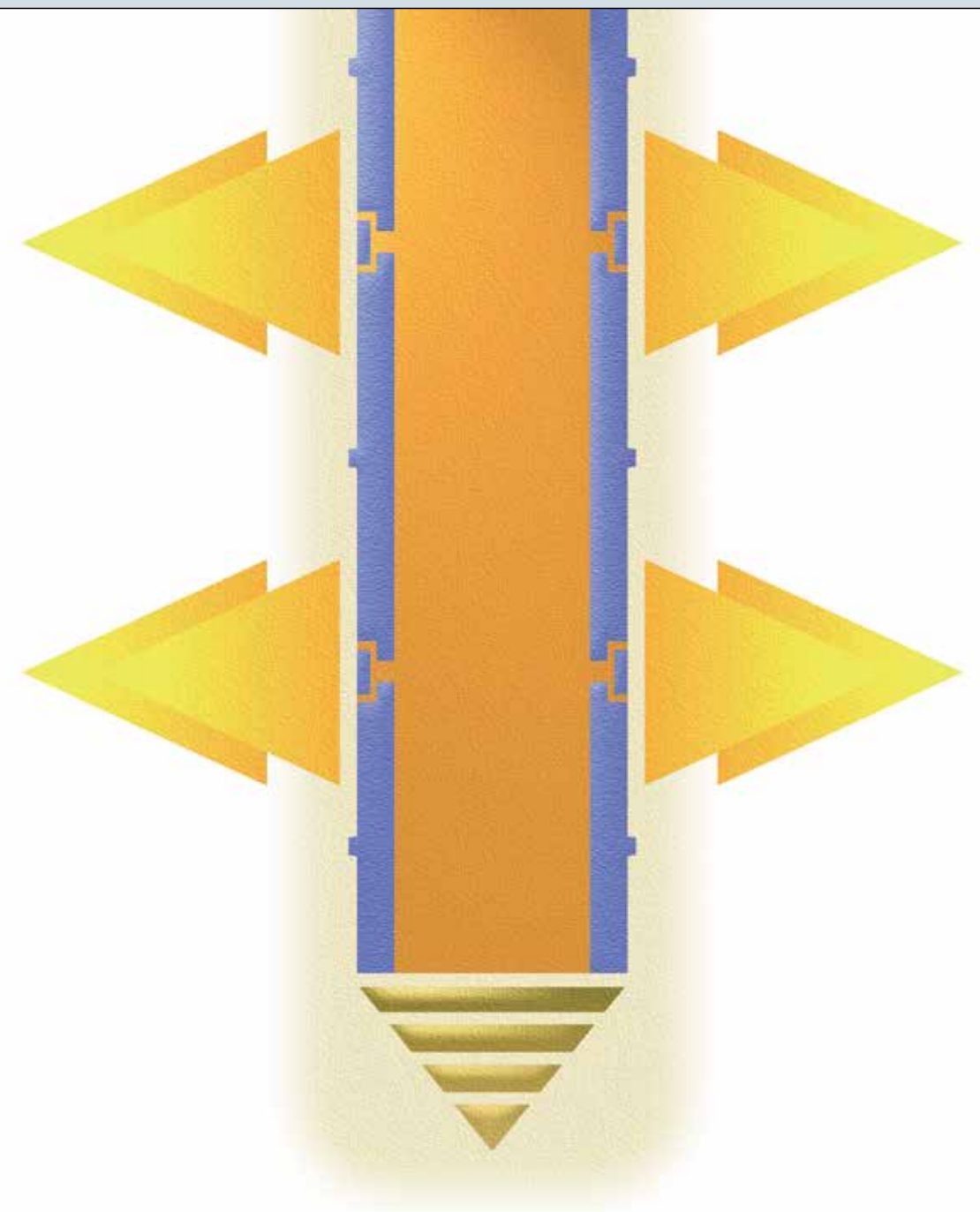
付着試験



圧縮試験

STRONG-TUBFIX MICROPILES

STマイクロパイル工法



NIJ研究会

URL <http://www.nij-gr.com>

東日本支部 事務局 〒105-0011 東京都港区芝公園二丁目4番1号 (株)ケー・エフ・シー技術部内
TEL 03-6402-8256 FAX 03-6402-8255

西日本支部 事務局 〒871-0006 大分県中津市大字東浜332番地 日鉄精密加工(株)中津製造所内
TEL 0979-22-1010 FAX 0979-22-2492

NIJ研究会