

高張力鋼管・機械式ねじ継手の小口径杭

STマイクロパイル工法

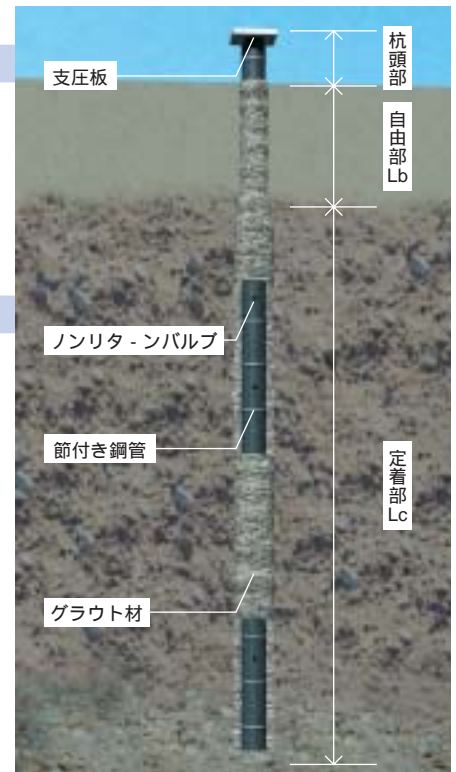
マイクロパイルとは

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。適用分野としては、構造物の支持力対策、既設構造物の補強、地すべり防止、切土のり面補強などがあります。

STマイクロパイルとは

STマイクロパイルは、セメントグラウト材を加圧注入し、節突起を設け付着性能を向上させた高張力鋼管と合成させる小口径場所打ち杭です。カプラーを用いた機械式ねじ継手により、現場溶接杭に比べて施工性および杭耐力が向上しています。STマイクロパイル工法は地盤条件・施工条件に応じ、グラウトパッカー装置を用いてセメントミルクを加圧注入するタイプと、高圧噴射式地盤改良工法併用のタイプが選定でき、自由度の高い設計・施工が可能です。タイプは、改良体を有効径とする大きな地盤の支持力を得ることができ、都市部などの制約条件下の軟弱地盤における、既設構造物基礎の補強・補修等に適しています。

STマイクロパイル工法 タイプ
国土交通省 新技術情報 NETIS登録番号 HR-030012



工 法 の 特 長

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ます。
削孔性能に優れ、複雑な地盤に柔軟に対応でき、斜杭の施工も可能です。
振動や騒音を最小限に抑えることができます。
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 例

L型擁壁の基礎（タイプ ）



杭径 216.3mm、L=16.5 ~ 18m

スノーシエッド基礎の補強（タイプ ）



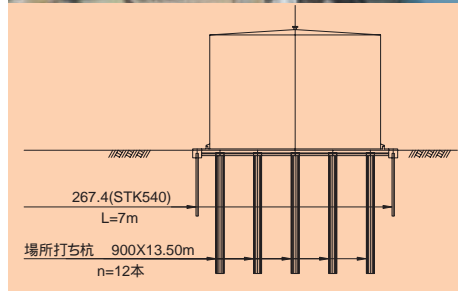
杭径 165.2mm、L=10.5 ~ 16.5m

施 工 例

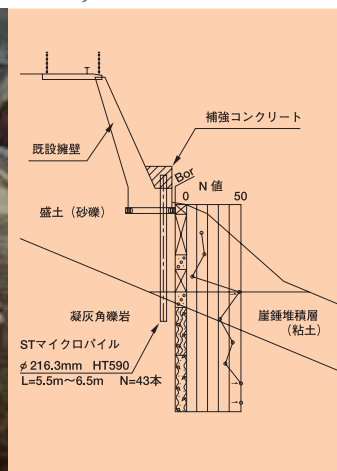
既設貯水槽の耐震補強（タイプ ）



杭径 267.4mm、
L=7m



既設擁壁基礎の補強（タイプ ）



杭径 216.3mm、L=5.5 ~ 6.5m

橋梁基礎の耐震補強（タイプ ）



STマイクロパイル工法 タイプ

国土交通省 新技術情報
NETIS登録番号
HR-030024

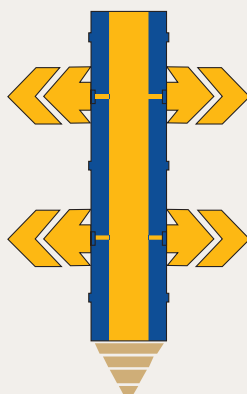
NIJ 研究会

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压噴射式地盤改良工法（GTM 工法）並びに ST マイクロパイル工法の技術の向上・普及を図り、信頼性・経済性に優れた地山の改良・補強工、既設構造物の補強工、支持力対策工等の体系化・発展に寄与するために設立された民間の共同研究開発組織です。

東日本支部 事務局 〒105-0014
東京都港区芝2-5-10 (株)ケー・エフ・シー技術部内
TEL 03-3796-8517 FAX 03-3798-8850
E-mail: kfc@nij-gr.com または info@nij-gr.com

西日本支部 事務局 〒871-0006
大分県中津市大字東浜332番地 日本チューブラープロダクツ(株)内
TEL 0979-22-1279 FAX 0979-22-2492
E-mail: ntpc@nij-gr.com または info@nij-gr.com

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



NIJ 研究会会員（五十音）

アトラスコプコ(株)
(有)エム・システム
極東工業(株)
(株)ケー・エフ・シー
(株)親和テクノ
新日本製鐵(株)
住友金属工業(株)
ソイルメックジャパン(株)
大豊工業(株)
(株)タシマボーリング
タチバナ工業(株)
(株)ティーエフティー
テクノ工業(株)
テクノドリル(株)
東亜グラウト工業(株)
利根地下技術(株)
日本基礎技術(株)
日本チューブラープロダクツ(株)
(株)樋口技工
舟本ボーリング(有)
三菱マテリア(株)

（平成17年7月末現在）

STRONG-TUBFIX MICROPILES

STマイクロパイル工法

高張力鋼管・機械式ねじ継手の小口径杭 STマイクロパイル工法タイプ

国土交通省 新技術情報 NETIS登録番号 HR-030012

【マイクロパイルとは】

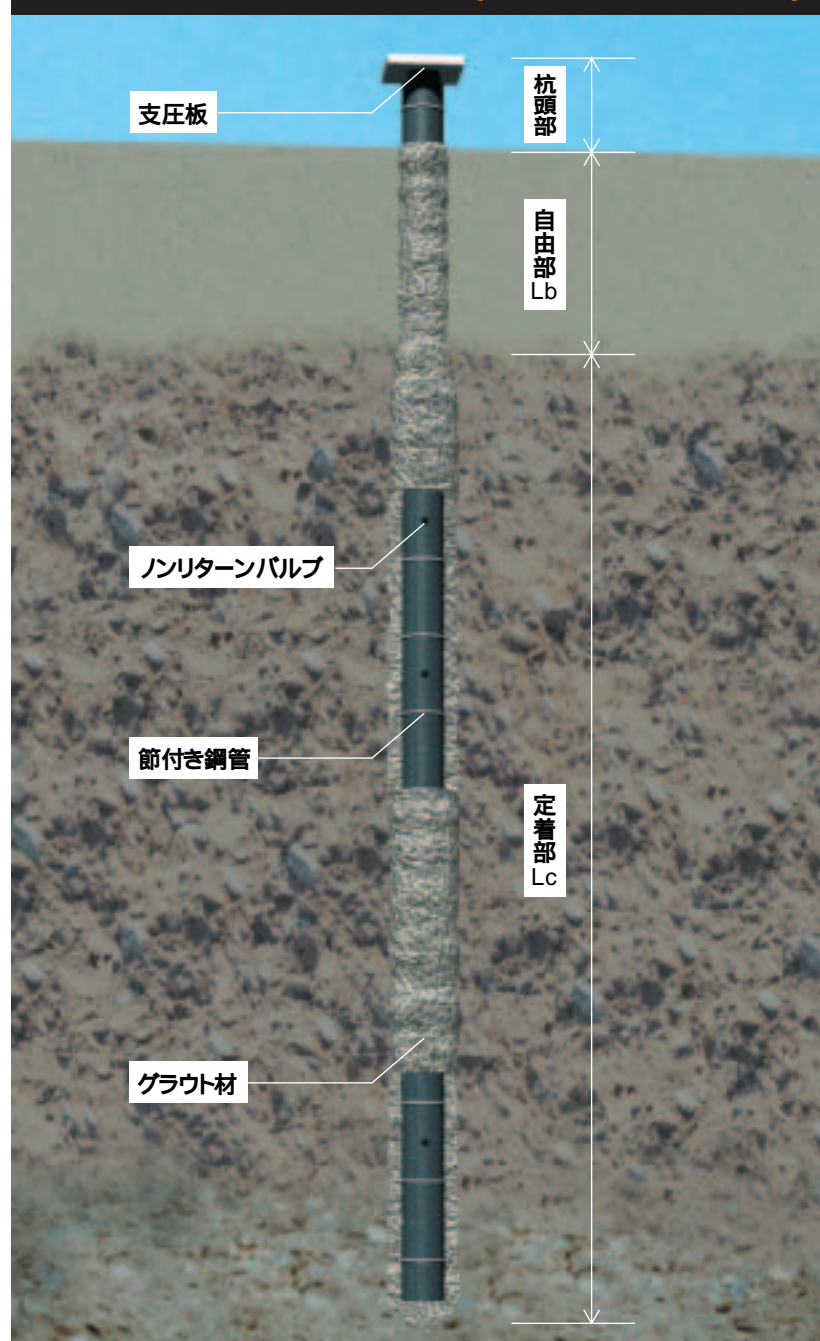
マイクロパイルとは、杭径 100～300mmの小口径の場所打ち杭・埋込み杭の総称です。地山を削孔して鉄筋、鋼管などの鋼製補強材を挿入し、グラウトを注入してパイルを形成します。複雑な地盤に柔軟に対応できることから、構造物の基礎をはじめ、既設構造物の補強、地すべり抑止、切土のり面補強などの広範な対象に適用されて、最近では既設基礎の耐震補強にも採用されています。

【ST マイクロパイルとは】

STマイクロパイル(タイプ)は、セメントグラウト材を加圧注入し、節突起を設け付着性能を向上させた高張力鋼管と合成させる小口径場所打ち杭です。カプラーを用いた機械式ネジ継手により、現場溶接杭に比べて施工性および杭耐力が向上しています。



STマイクロパイル タイプ (小口径合成鋼管杭タイプ)



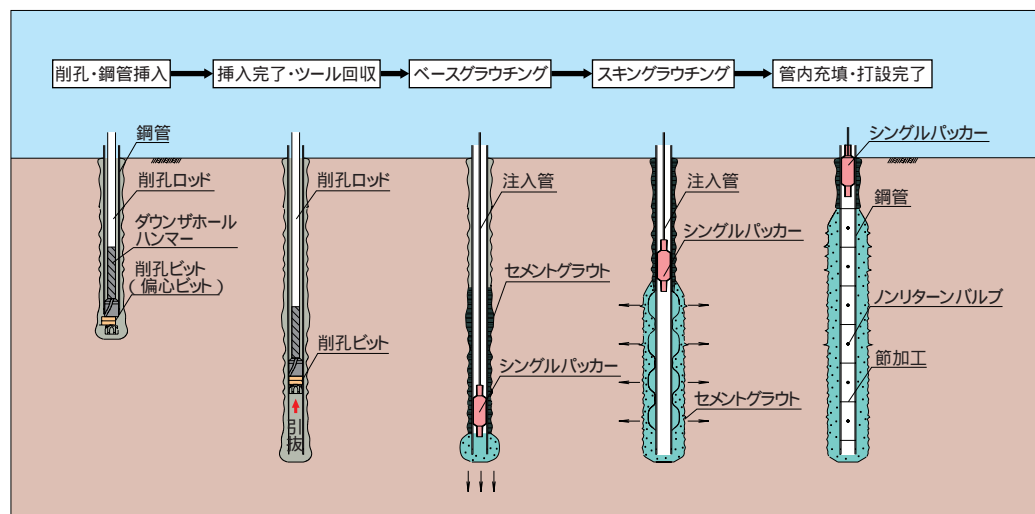
工法の特長

機動性のよいコンパクトな施工機械で、狭隘な場所でも施工できます。

削孔性能に優れ、複雑な地盤に柔軟に対応でき、斜坑の施工も可能です。

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



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

STRONG-TUBFIX MICROPILES

STマイクロパイル工法

荷重伝達性能と付着性能を改善した 節突起付き高張力鋼管と 機械式ねじ継手の開発

NIJ研究会では、STマイクロパイルの杭体としての高耐力化に対応するため、補強用芯材としての荷重伝達性能を高めた、節突起付き高張力鋼管を開発しました。また、鋼管の継手は、制約条件での施工性および杭としての品質確保を目的として、試験により耐荷性能が確認された機械式ねじ継手(カップラー式)を用いることを標準としています。

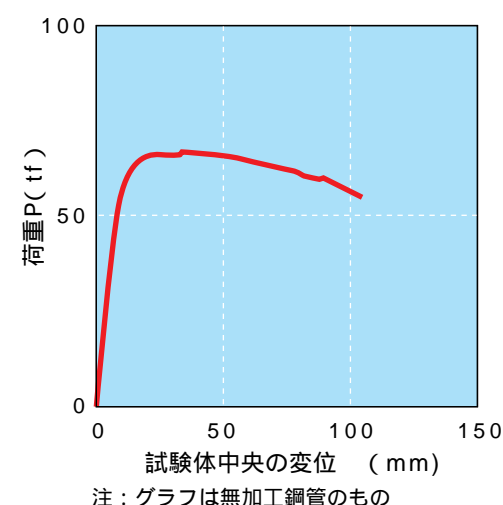
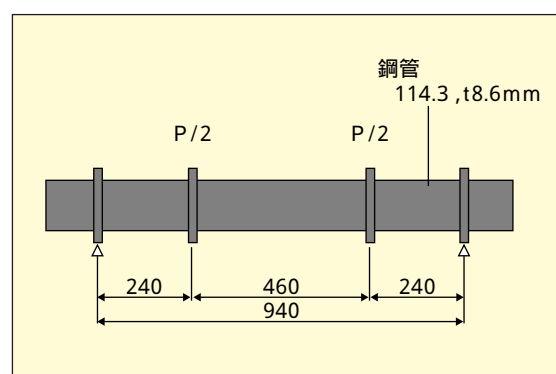


節突起付き高張力鋼管

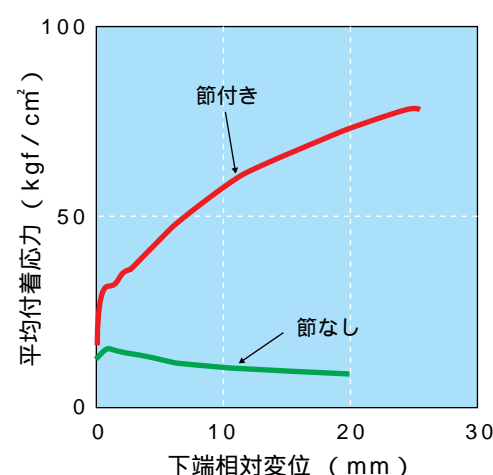
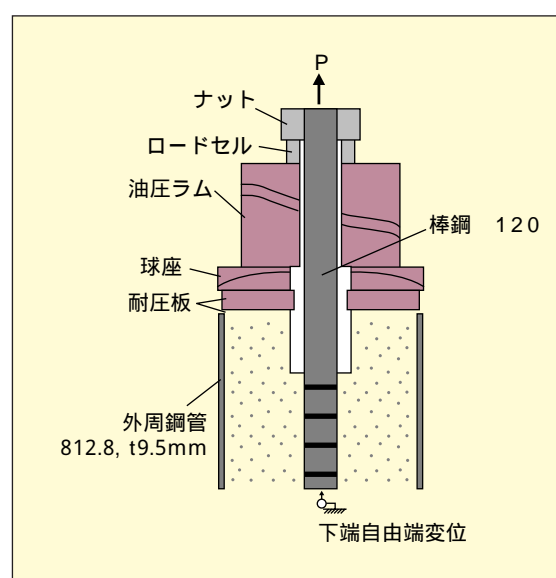


鋼管継手状況

曲げ試験



付着試験



STRONG-TUBFIX
MICROPILES
STマイクロパイル工法

曲げ・せん断および杭軸抵抗を発揮させる合理的な抑止工法
STマイクロパイルを用いた
組杭抑止杭工法

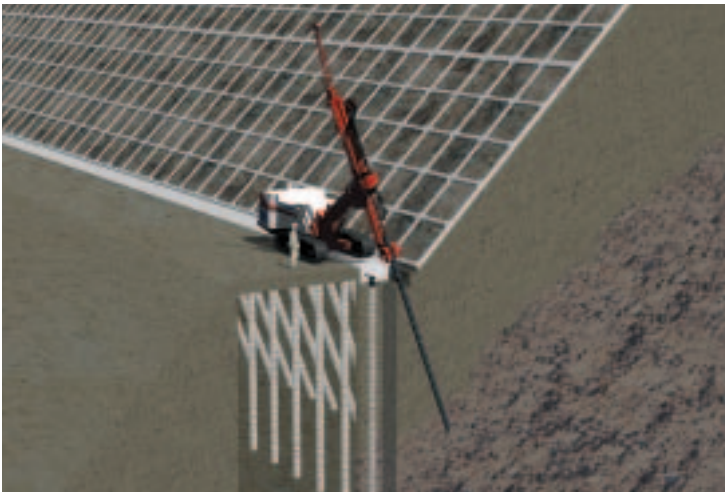
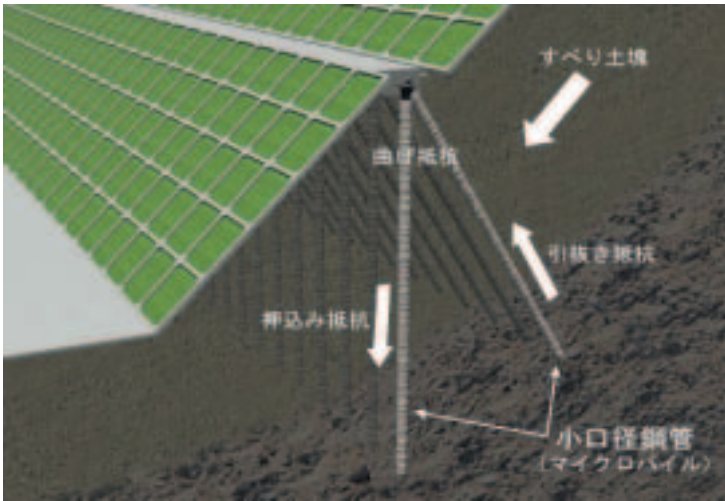
適用条件

小口径鋼管に適した削孔方式・削孔ツールの開発改良により従来工法に比べて施工性および地盤条件・環境条件等に対する適応性が向上しています。

[組杭抑止杭工法の長所]

- 長期安定性..... 構造が単純であり、部材の強度・腐食環境への対応性に優れています。
- 経 済 性..... 構造性能に優れ、小口径杭にも拘わらず大きな抑止効果を発揮します。
- 維 持 管 理..... 部材の耐久性に優れ、緊張管理等の煩雑な管理が不要です。

小口径鋼管を用いた組杭構造抑止杭工



組杭抑止杭工法の適用条件

形式 (または工法種類)	項目	必要抑止力 ×100kN / m					崩壊長さ (m)	崩壊深さ (m)	崩壊規模 必要抑止力
		3	5	7	9	11			
組杭抑止杭工法 (径 200～300mm)							40m 以下	10m程度 以下	小～中規模 700kN / m 以下
グラウンド アンカー工							20～50m 程度	10m程度 以上	中規模以上
抑止杭工 (径 350～600mm)							20～50m 程度	10m程度 以上	中規模以上
[小口径鋼管を用いた組杭抑止杭工法の適用条件] 必要抑止力が700kN / m以下の小～中規模の崩壊対策 崩壊長さが40m以下の崩壊対策 崩壊深さが10m程度以下(杭全長L 15m程度)の崩壊対策									



斜杭の削孔試験施工

地すべり対策・のり面崩壊対策工の比較表

形式(または工法種類)		検討項目								すべり規模 適用杭径
		長期 安定 性	確 実 性	経 済 性	景 観 ・ 環 境	維 持 管 理	施 工 性	柔 軟 性	類 似 実 績	
対 策 工	組杭抑止杭工									小規模～中規模 300mm程度以下
	グラウンドアンカー工									中規模以上
	抑止杭工									中規模以上 350～600mm程度
[備 考] :非常に良い :良い :良い場合もある :検討を要する										

組杭抑止杭工法は、(財)先端建設技術センターと民間14社で実施した「小口径鋼管を用いた斜面補強システムに関する共同研究:H12～H15年」により開発された工法です。

STRONG-TUBFIX MICROPILES

STマイクロパイル工法

狭隘な場所での施工に適した杭工法 STマイクロパイル工法タイプ

国土交通省 新技術情報 NETIS登録番号 HR-030012

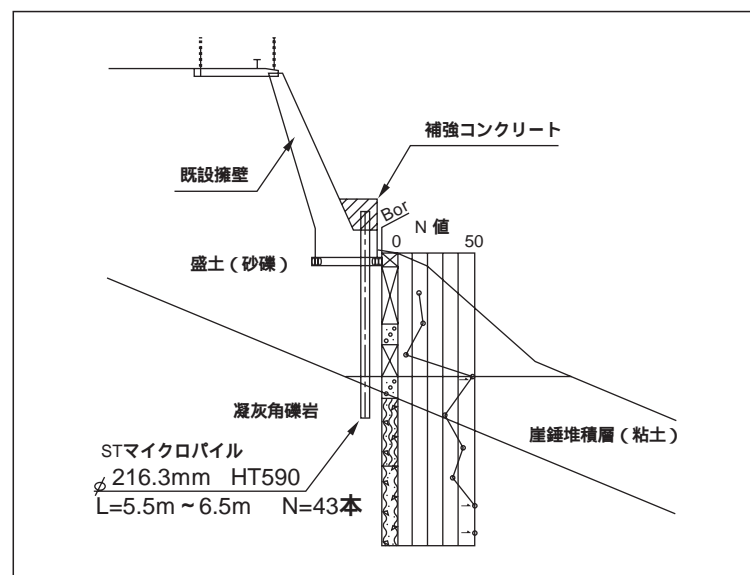
〔STマイクロパイル(タイプ)とは〕

STマイクロパイル(タイプ)は、セメントグラウト材を加圧注入し、節突起を設け付着性能を向上させた高張力鋼管と合成させる小口径場所打ち杭です。施工機械が小さく移動も容易なため、空頭制限下での施工、構造物との近接施工、都市狭隘部・地下空間・傾斜地などの制約条件下における施工が可能です。

施工例

既設擁壁の補強

狭隘箇所における既設擁壁の滑動・支持力対策に、STマイクロパイル工法タイプ が採用されました。玉石・転石が多数存在する地盤においても優れた削孔性能を発揮し、既設基礎への影響を小さく抑えることができる基礎補強工法として、STマイクロパイル工法タイプ が選定されました。杭径 = 216.3mm、 $t=12\text{mm}$ 、杭長 = 5.5 ~ 6.5mm



既設擁壁の補強概要図



狭隘で厳しい施工条件での補強工事



削孔時(偏芯拡径)



回収時(収縮)



削孔状況



偏芯拡径ビット



リングロストビット

工法の特長

機動性の良い小型の施工機械設備で、狭隘な場所でも施工できます。

乾式二重管削孔による杭の直接打設により、幅広い地盤条件に適用できます。

小口径杭のため、既設基礎への影響を抑え、補強規模を小さくすることができます。

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

NIJ研究会

STRONG-TUBFIX MICROPILES

STマイクロパイル工法

既設基礎の耐震補強に適した杭工法 STマイクロパイル工法タイプ

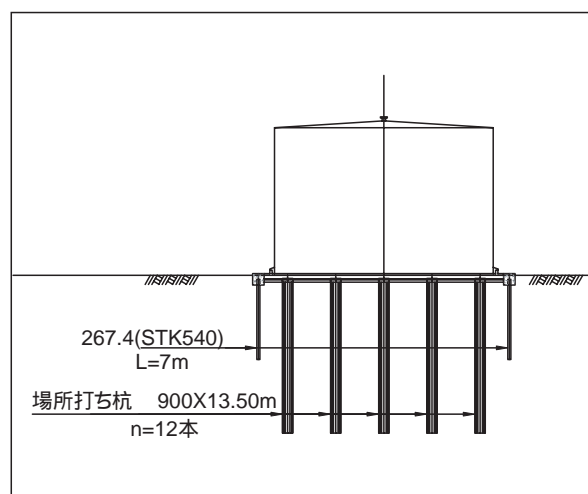
国土交通省 新技術情報 NETIS登録番号 HR-030012

STマイクロパイル工法 タイプ 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。

施工例

既設貯水槽の耐震補強

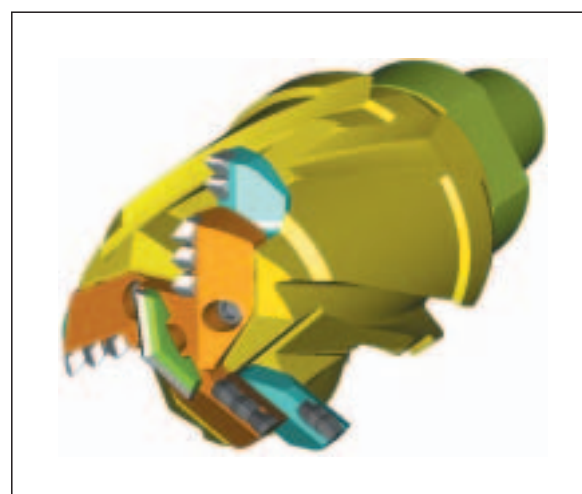
都市部・住宅地区における既設貯水槽の耐震補強に、STマイクロパイル工法 タイプ が採用されました。削孔水を用いない乾式削孔により地山の乱れが少なく、施工時の騒音・振動を小さく抑えることができる増し杭補強工法として、STマイクロパイル工法 タイプ が選定されました。杭径 = 267.4mm、 $t=12\text{mm}$ 、杭長 = 7m



既設貯水層の補強概要図



削孔ツール装備状況



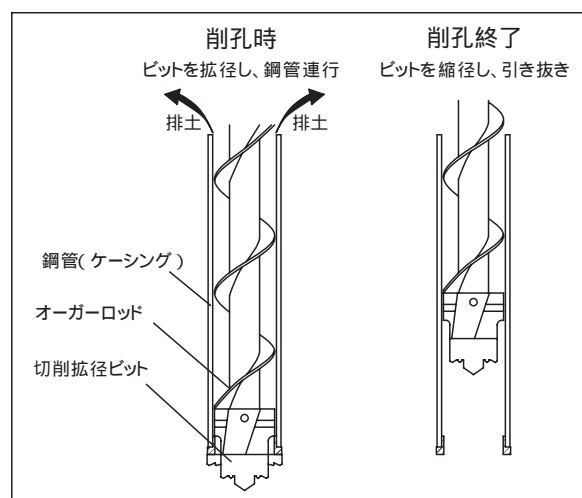
切削拡径ビット



住宅地区における既設貯水槽の耐震補強施工状況



削孔・排土状況



回転削孔方式の削孔システム

工法の特長

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。

適用鋼管径(100 ~ 300mm)が多く、大深度(50m以上)削孔にも対応できます。

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。

「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。」

第1編 ST マイクロパイル工法の概要

1 章 マイクロパイルの概要

1.1 マイクロパイルの概要

一般に、マイクロパイルとは杭径 300mm 以下の場所打ち杭・埋込み杭の総称であり、補強材として鋼管や異形鋼棒を使用し、グラウト材を注入して地盤に定着させる小口径の杭工法である。世界各地でマイクロパイル、ルートパイル、ピンパイル、ミニパイルなどの名称で呼ばれている。

マイクロパイルは煉瓦、石造りの寺院、教会等の歴史的建造物の基礎の補強などから生まれた技術であり、1950 年頃にイタリアで開発されヨーロッパに広まった後、世界各地で用いられるようになった。マイクロパイルの特長としては、ハンドリングの良い小口径鋼管等を補強材として用いるため小型機械で施工が可能であり、空頭制限や狭隘地、山岳傾斜地、地下空間等の厳しい制約条件下での施工に対応できること等が挙げられる。このため、各国でのマイクロパイルの適用分野は、制約条件下における構造物の基礎杭、既設構造物の補強、アンダーピニング、斜面安定対策、地盤補強、土留め等の様々な分野に用いられている（図-1.1.1～図-1.1.3 参照）。

日本においては、1980 年頃にシールドに隣接する展望台のアンダーピニングとしてルートパイルが適用され、それ以来、マイクロパイルは山岳トンネルの脚部補強（図-1.1.4 参照）狭隘地における構造物の基礎杭、既設構造物の補強杭、斜面抑止杭など、主として施工条件が厳しい場所で用いられている。



図-1.1.1 海外でのマイクロパイル施工事例
（既設構造物基礎の補強）



図-1.1.2 海外でのマイクロパイル施工事例
（既設構造物のアンダーピニング）



図-1.1.3 海外でのマイクロパイル施工事例
（狭隘地でのマイクロパイル打設）



図-1.1.4 国内でのマイクロパイル施工事例
（山岳トンネルの脚部補強¹⁾）

1.2 マイクロパイルの分類

現在、日本において施工可能なマイクロパイルを分類すると、表-1.2.1、図-1.2.1（参考）のように分けることができる。なお、本マニュアル（案）は、（c）（d）のタイプのマイクロパイルに適用するものである。

表-1.2.1 国内におけるマイクロパイルの分類（参考）

タイプ	補強材	補強材の定着方法	杭 径
（a）	異形鋼棒	グラウト材の注入（全面定着）	150mm 以下
（b）	鋼管、異形鋼棒	グラウト材の注入（部分定着）	300mm 以下
（c）	高張力鋼管	グラウト材の注入（全面定着）	300mm 以下
（d）	高張力鋼管	セメントミルクの高圧噴射攪拌による改良体の造成（全面定着）	鋼 管 300mm 以下 改良体 600mm ~ 1000mm

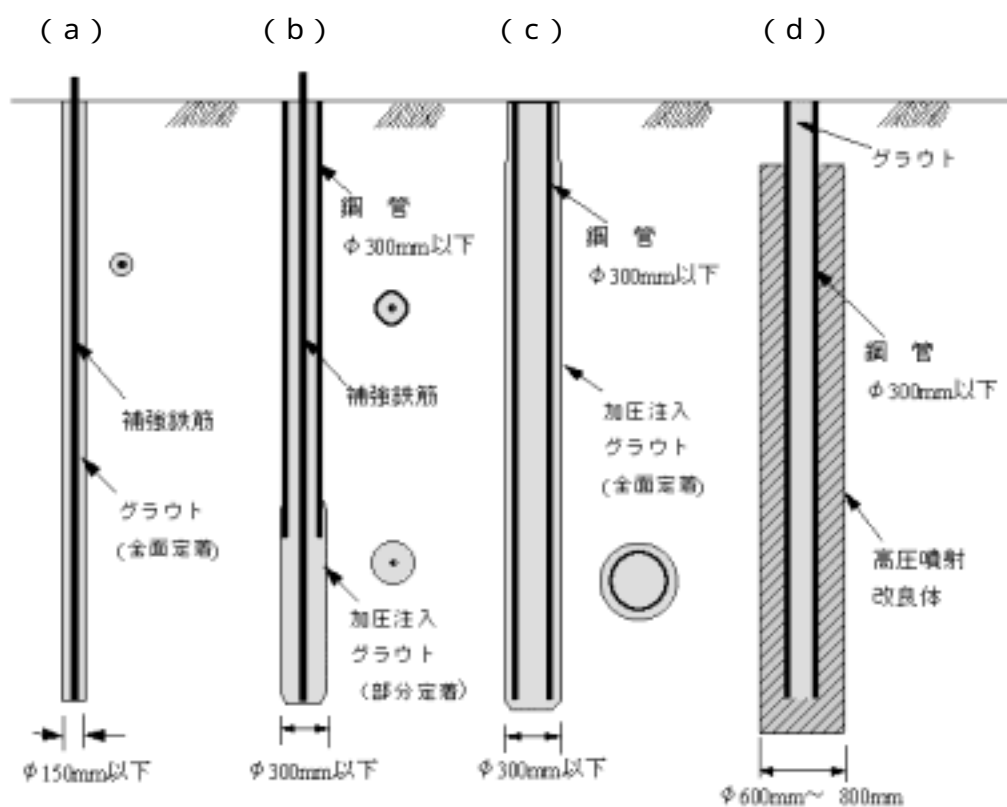


図-1.2.1 国内におけるマイクロパイルの分類（参考）

2章 ST マイクロパイル工法の概要

2.1 ST マイクロパイル工法

ST マイクロパイル工法 (STRONG-TUBFIX MICROPILES) とは、制約条件下での施工を対象として開発した小口径の杭工法である。本工法は、従来のマイクロパイルにグラウトの加圧注入技術や高圧噴射攪拌による地盤改良技術を取り入れ、補強材として節突起加工を施した小口径の高張力鋼管を用いるものである。ST マイクロパイルは図-2.1.1 に示す2つのタイプがあり、支持力等の設計上の要求性能や地盤条件等に対する施工性などを考慮し、目的、適用性に応じた構造タイプが選定できる。両タイプとも同じ小型機械による施工が可能であり、空頭制限 (3.5m 程度) や都市狭隘地、地下空間、山岳傾斜地、土留締切内、1車線規制内等の厳しい制約条件下での施工に対応できる工法である。

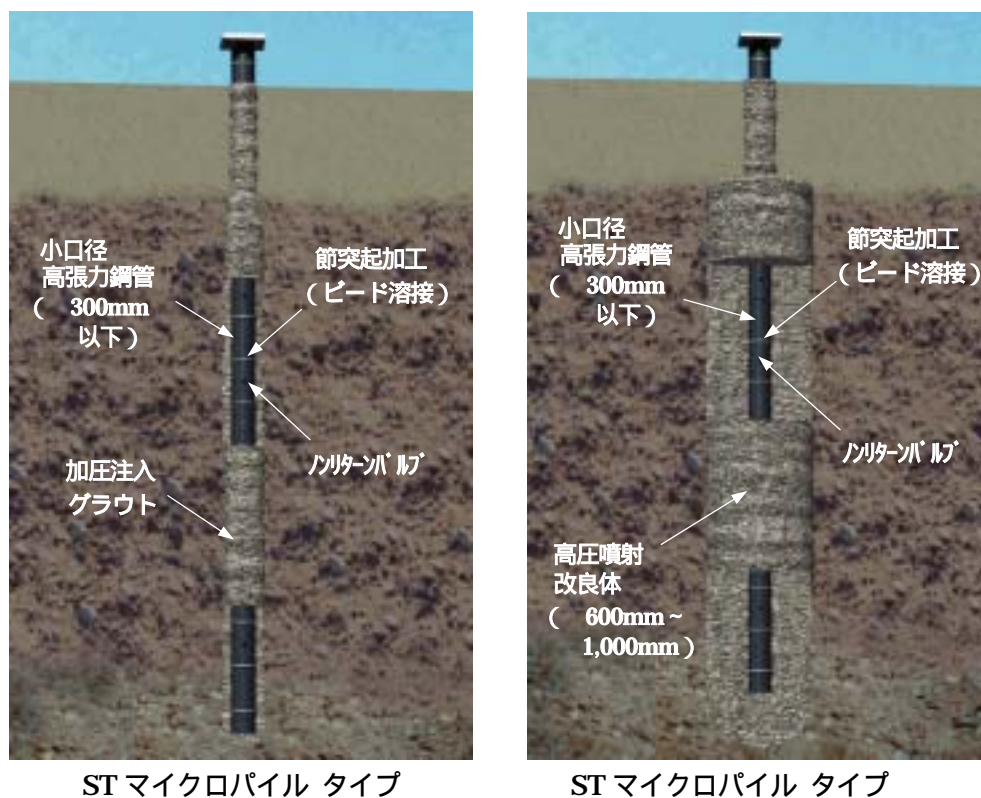


図-2.1.1 ST マイクロパイル工法の概要

1) ST マイクロパイル タイプ

小口径鋼管 (300mm 以下) をケーシングとして用いて削孔打設し、パッカーによるグラウトの段階加圧注入によって地盤中に鋼管を全面定着させるものである。制約条件下での構造物の基礎杭や既設構造物基礎の増し杭補強、斜面補強などに適用性がある。また、斜杭の削孔打設が可能であり、比較的大きな杭の水平抵抗を要求する場合には斜杭とすることが有効である。

2) ST マイクロパイル タイプ

硬化材の高圧噴射攪拌 (GTM 工法) によって地盤中に改良体を造成し、その中に小口径鋼管 (300mm 以下) を挿入、全面定着させるものである。改良体と節突起付き鋼管との一体化、および改良体の地盤抵抗により、小型機械の施工でも大きな杭の支持力と水平抵抗を期待できる。制約条件下において大きな支持力を必要とする構造物の基礎杭や既設構造物の増し杭補強などに適用性がある。

表-2.1.1 ST マイクロパイル工法の特長・比較表（参考）

条 件				工 法	ST マイクロパイル タイプ	ST マイクロパイル タイプ
地盤 条件	中間層 の状態	中間層に軟弱層が厚く堆積する				
		中間層に極硬い層がある		ダウガ`ホルム`マ-削孔		
		中間層に れきがある	れき径 50mm 以下			
			れき径 50mm ~ 100mm	ダウガ`ホルム`マ-削孔		
			れき径 100mm ~ 500mm	ダウガ`ホルム`マ-削孔	GTM 工法の実績は有	
	支持層 の状態	支持層 の深度 (杭長)	5m ~ 15m			
			15m ~ 25m			
			25m ~ 40m			
			40m ~ 60m	大深度削孔の実績有		
		支持層 の土質	砂・砂れき (N 30)			
			粘性土 (N 20)			
			岩盤			×
		地下水 の状態	地下水が地表面近い			
	湧水量が多い		グラウト材の選定			
	被圧地下水 (地表面より 2m 以上程度)		×	×	×	
	地下水流速 (3m/min 以上程度)		×	×	×	
杭の 特性	支持力	支持力の大きさ		(小 ~ 中) 土質条件による	(大) 改良体の併用効果	
		支持力機構	周面摩擦抵抗	加圧グ`ラウトでの摩擦抵抗	改良体での摩擦抵抗	
			先端支持抵抗	土質条件・削孔径による	改良体先端部の地盤抵抗	
	水平抵抗		斜杭により水平抵抗大		改良体の水平地盤抵抗	
施工 条件	作業空間が狭い		施工機械が小型			
	空頭制限がある		空頭高さ 3.5m でも施工可能			
	斜杭の施工		施工実績有		試験施工が必要	
	騒音・振動					

適合性が高い (工法の特長)

適合性が高い

適合性はある

× 検討が必要

2.2 ST マイクロパイル タイプ の概要

2.2.1 構 造

ST マイクロパイル タイプ は図-2.2.1 に示すように、小口径鋼管と加圧注入したグラウトから構成される杭工法である。以下に主な構造を列記する。

- 1) 本工法に適用可能な杭諸元、鋼管サイズの例を表-2.2.1 に示す。設計条件に応じて高張力鋼管を用い、小口径杭に対して大きな杭体の耐力を確保する。
- 2) 鋼管表面にはビード溶接による節突起加工（溶接高さ 2.5mm 以上）を施しており、グラウトとの付着性能、荷重伝達性能を確保する。
- 3) 鋼管の継手は、空頭制限等の制約条件における施工速度の向上、杭としての品質確保を目的とし、母材鋼管と同等の耐荷性能を有する機械式ネジ継手（カップラー式ネジ継手）を用いる。
- 4) パッカーによる段階加圧注入によって削孔壁部・地山にグラウト体を築造し、比較的大きな杭の周面摩擦抵抗を確保する。
- 5) グラウトはセメント系グラウト材であり、地盤条件に応じてセメントミルクまたはモルタルとし、設計基準強度は 30N/mm^2 である。
- 6) 杭の支持力機構は、上部構造から杭頭の鋼管に伝達された軸方向荷重を、鋼管から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の周面摩擦抵抗、および先端地盤抵抗によって支持するものである。

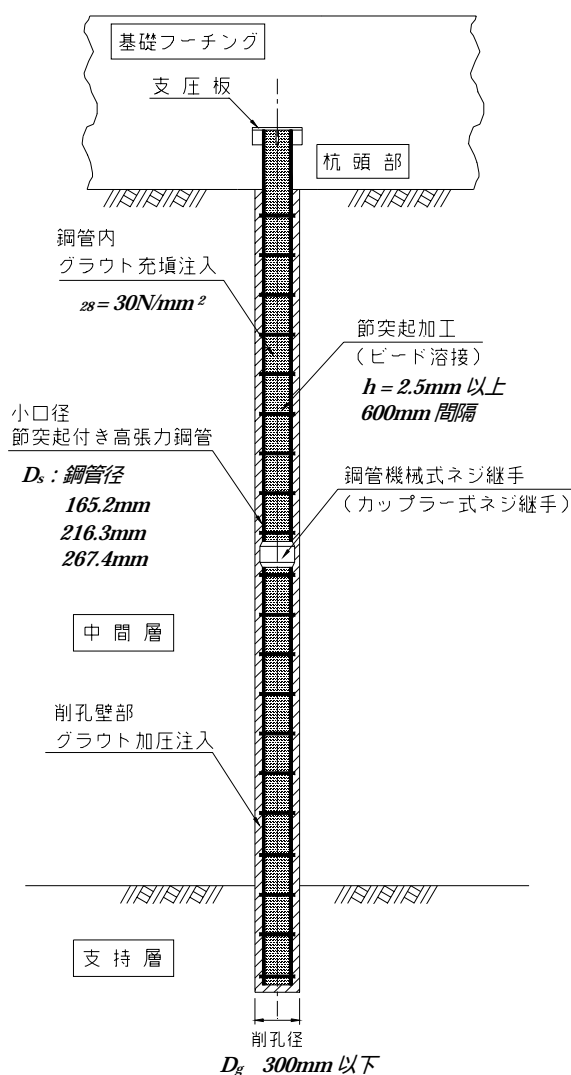


図-2.2.1 ST マイクロパイル タイプ の構造

- 7) 杭頭結合部は鋼管を基礎フーチングへ定着させた支圧板方式を標準とするが、杭頭反力が比較的小さい場合は道路橋示方書²⁾による一般的な鋼管杭の結合方法も可能である。

表-2.2.1 ST マイクロパイル タイプ に適用可能な杭諸元例

鋼 管		節突起加工の標準仕様		削孔径 D_g の例 (mm)
鋼管外径 D_s (mm)	鋼管肉厚 t (mm)	節加工高さ h (mm)	節加工間隔 p (mm)	
165.2	7.1	2.5 以上	600	189 (XL-140)
216.3	12.0			232 (XL-180)
267.4	12.0			286 (XL-230)

削孔径はツールの選定、メーカーによって若干異なる

2.2.2 施工方法

(1) 施工手順

図-2.2.2 にST マイクロパイル タイプ の標準的な施工手順を示す。

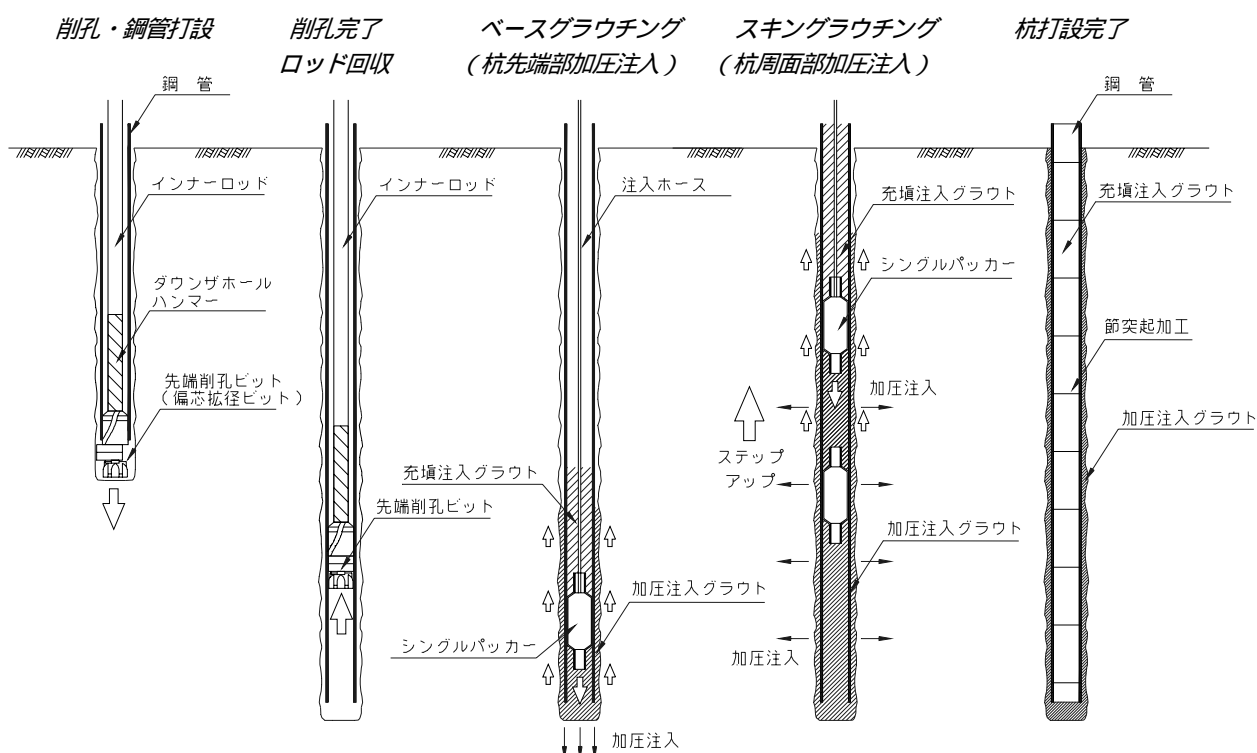


図-2.2.2 ST マイクロパイル タイプ の標準的な施工手順

(2) 施工方法

削孔・鋼管打設

図-2.2.3 に示すように、鋼管をケーシングとして用いた二重管削孔によって鋼管を打設する。削孔方式は地盤条件によって選定できるが、先端に偏芯拡径ビット（図-2.2.4）を装着したダウンザホールハンマーによる回転打撃削孔方式を標準としている。ダウンザホールハンマー方式による削孔は、衝撃力を直接削孔ビットに伝達するため、エネルギーロスが少なく、削孔の方向性が良い。また、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。土砂・粘性土・土丹等の軟質土には、振動・騒音の少ない、回転削孔方式（図-2.2.5）が選定できる。



図-2.2.3 二重管削孔・鋼管打設状況



図-2.2.4 偏芯拡径ビット

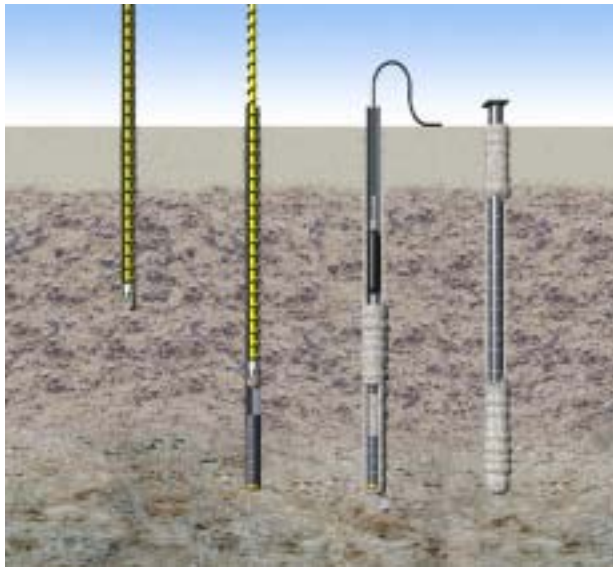


図-2.2.5 切削拡張ビットとオーガー併用の回転式削孔方式(土砂・粘性土・土丹)

削孔完了、ロッド・ツール回収

所定の深度まで削孔完了後、偏心拡張ビットを逆回転させて鋼管内に収納し、インナーロッドおよび削孔ツールを引上げ、回収する。

ベースグラウチング(杭先端部の加圧注入)

鋼管内にシングルパッカー(図-2.2.5)を挿入し、管内にグラウトを充填した後(充填注入)パッカーゴムを膨張させて鋼管内に栓をし、杭先端のベースグラウチングを行う。ベースグラウチングは杭先端部でのグラウトの加圧注入であり、先行圧力を与えて先端削孔地盤の緩み等を防止するものである。挿入式のパッカーを用いた注入方式により、地盤条件等に応じて0.5~1MPa以上の注入圧力を加えることができる。



図-2.2.6 注入用シングルパッカー

スキングラウチング(杭周面部の加圧注入)

ベースグラウチングの終了後、杭周面部のグラウトの加圧注入(スキングラウチング)を杭先端から杭頭にかけて段階ステップアップ方式(充填注入と加圧注入の繰り返し)で行う。スキングラウチングは鋼管に1m間隔で設置したノンリターンバルブを介してグラウトを加圧充填し、杭先端から順にグラウト体を削孔壁部・地山に築造していく。

打設完了・杭頭結合部の施工

パッカーによる全てのグラウト注入が完了し、養生完了後、掘削し杭頭結合部の施工を行う。



図-2.2.6 グラウトの加圧注入状況

2.3 ST マイクロパイル タイプ の施工実績

(1) 施工例

1. 山岳急峻地における新設 L 型擁壁の基礎杭³⁾

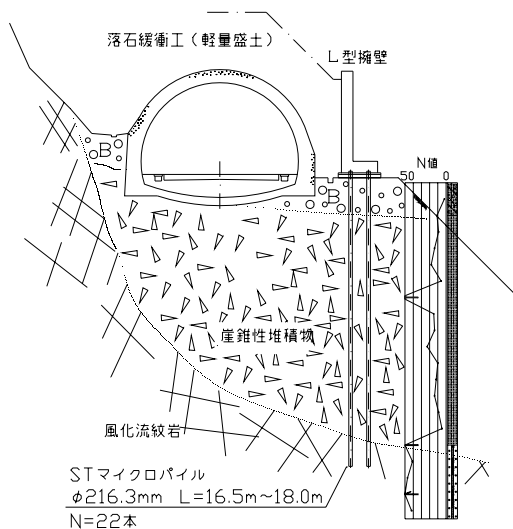


図-2.3.1 L型擁壁概要図



図-2.3.2 L型擁壁基礎杭施工状況

「主な採用理由」： 施工ヤードが狭く、大型施工機械の採用が困難である。
仮設備を含めたトータルコスト・工期で、STマイクロパイルが優位である。
中間層に大礫・転石が多数存在する。地盤条件に対する適用性に優れる。

2. 空頭制限下における既設スノーシェッド基礎の補強⁴⁾

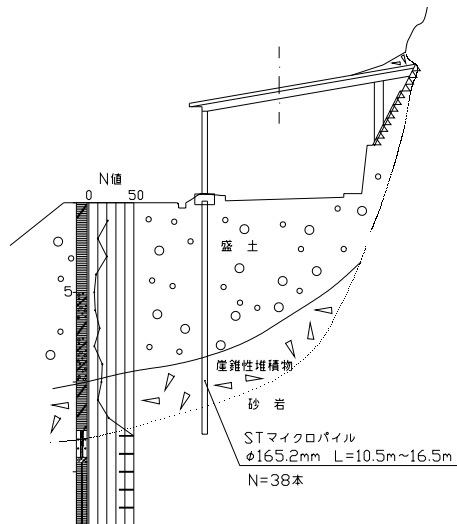


図-2.3.3 スノーシェッド既設基礎補強概要図



図-2.3.4 スノーシェッド既設基礎補強状況

「主な採用理由」： 施工機械が小型で、空頭制限（4m以下）のある狭隘な場所でも施工できる。
杭径が小さく、既設基礎の補強に関してマイクロパイルが優位である。
支持層が傾斜、中間層に礫が存在する。地盤条件に対する適用性に優れる。

3. 狭隘・傾斜地における既設擁壁の補強

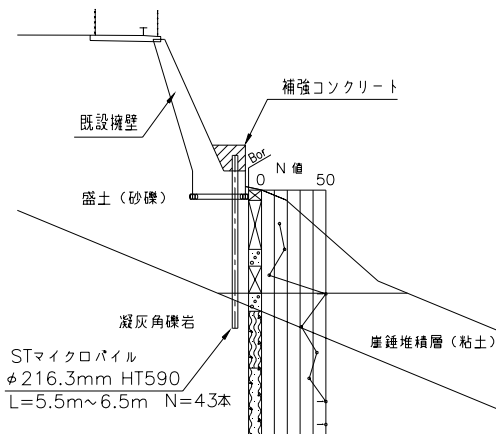


図-2.3.5 既設擁壁の補強概要図



図-2.3.6 既設擁壁の補強状況図

「主な採用理由」:

施工ヤードが狭く、空頭制限もある。大型施工機械の採用が困難である。
仮設備を含めたトータルコスト・工期で、STマイクロパイルが優位である。
支持層が傾斜し、起伏がある。地盤条件に対する適用性に優れる。
杭径が小さく、既設基礎に悪影響を与えず・経済的な補強が可能。

4. 山岳傾斜地における新設L型擁壁の基礎杭

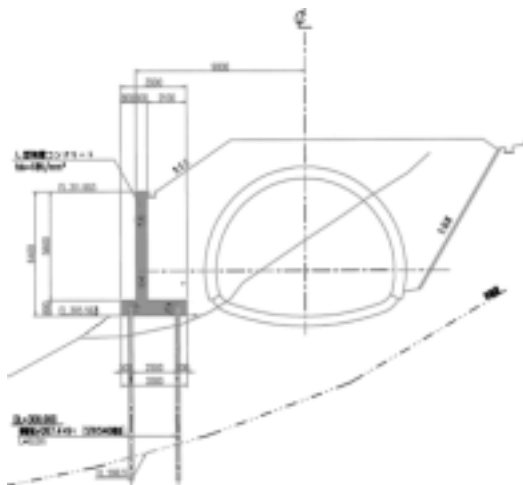


図-2.3.7 L型擁壁概要図



図-2.3.8 擁壁基礎の施工状況

「主な採用理由」:

施工ヤードが狭く、大型施工機械の採用が困難である。
置換えコンクリート施工による直接基礎では、切土斜面の安定対策が困難となる。
支持層（風化岩）が傾斜し、強度の変化が激しい。
267.4mm・L=9mの杭基礎により、トータルコストの縮減・工期短縮が可能である。

(2) 載荷試験例

鉛直載荷試験^{5),6)}



図-2.2.13 鉛直載荷試験状況⁵⁾



図-2.2.14 鉛直載荷試験状況⁶⁾

水平交番載荷試験⁷⁾



図-2.2.15 水平交番載荷試験全景



図-2.2.16 水平交番載荷試験近影

2.2.4 特 長

(1) 設計面の特長

グラウトの段階加圧注入により、グラウトと地盤間に比較的大きな杭の周面摩擦抵抗が期待できる。

小口径の杭工法のため、基礎フーチングや補強基礎の寸法、面積が小さくすむ。

斜杭の削孔打設(15～30°)が可能であり、斜杭にすることによって大きな水平抵抗が確保できる。

(2) 施工面の特長

施工機械が小さく移動も容易なため、空頭制限下での施工、構造物との近接施工、都市狭隘部・地下空間・山岳傾斜地・土留締切内・1車線規制内などの制約条件下における施工が可能である。

杭径、施工機械が小さく、施工時に近接構造物等へ与える影響が少ない。

岩盤をはじめとして、転石・玉石が存在する複雑な地盤条件においても削孔効率が良い。

パッカーを用いたグラウトの段階加圧注入方式により、地盤中に鋼管を確実に定着できる。

【備考】

・「ST マイクロパイル タイプ」は東洋建設(株)のPATで、NIJ 研究会は実施権許諾を受けて施工しています。

・特許第2739641号、特許第2083350号、特許第2105787号・特許出願(特開2000-290906、特開2002-70471)

2.4 使用鋼管

(1) 適用可能な鋼管サイズ

表-2.4.1 に ST マイクロパイル工法に適用可能な鋼管サイズの例を示す。

表-2.4.1 ST マイクロパイルに適用可能な鋼管サイズの例

鋼管外径 D_s (mm)	鋼管肉厚 t (mm)	単位長さ (m)
165.2	7.1	1.5 ~ 6.0 施工条件に 応じて検討
216.3	12.0	
267.4	12.0	

(2) 適用可能な鋼種

表-2.4.2 に ST マイクロパイルに適用可能な鋼管の鋼種、機械的性質を示す。

表-2.4.2 ST マイクロパイルに適用可能な鋼管の鋼種、機械的性質

鋼 種		降伏点 または耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸 び (%)		規 格
				11 号試験片 12 号試験片 縦方向	5 号試験片 横方向	
一般構造用 炭素鋼管 注)	STK540	390 以上	540 以上	20 以上	16 以上	JIS G 3444
高張力鋼管	STKT590	440 以上	590 ~ 740	20 以上	16 以上	JIS G 3474
機械構造用 高張力鋼管	HT590	490 以上	590 以上	20 以上	-	
	HT780	690 以上	780 以上	15 以上	-	

注) 設計条件によっては STK400, STK490 も適用可能である

(3) 鋼管のカップラー式ネジ継手

表-2.4.3、図-2.4.1 に鋼管のカップラー式ネジ継手の一例を示す。本継手は、試験により母材鋼管と同等の耐荷性能が確認されたものである。

表- 2.4.3 カップラー式ネジ継手の一例

母 材 鋼 管		カップラー式ネジ継手	
外径 D_s (mm)	肉厚 t (mm)	外径 D_s' (mm)	長さ ℓ' (mm)
165.2	7.1	176	250
216.3	12.0	230	300
267.4	12.0	282	325



図-2.4.1 カップラー式ネジ継手の一例

(4) 節突起加工

ST マイクロパイルに用いる鋼管は付着性能を向上させるため、表面にビード溶接による節突起加工を施した鋼管を用いる。図-2.4.2 に節突起加工を施した鋼管、表-2.4.4 に標準節加工仕様を示す。



(ST マイクロパイル タイプ) (ST マイクロパイル タイプ)

図-2.4.2 節突起付き鋼管

表-2.4.4 ST マイクロパイル鋼管の節突起加工の標準仕様

	節突起加工の標準仕様		
	節加工方法	溶接高さ h	節加工間隔 p
ST マイクロパイル タイプ	ビード溶接	2.5mm 以上	600mm
ST マイクロパイル タイプ			200mm

(5) 各性能試験

節突起付き鋼管の付着性能試験

セメントミルク固化体中に定着させた節突起付き鋼棒の引抜き载荷試験¹⁵⁾を行い、節仕様(溶接高さ、節間隔)・固化体強度～鋼管付着強度の関係式を設定した。

鋼管継手の性能試験(継手有無での引張・曲げ試験)

高張力鋼管の継手有り・無しで軸方向引張試験・曲げ試験を実施し、カップラー式ネジ継手¹⁶⁾を含んだ杭体(鋼管)が母材同等の耐荷性能を有することを確認した。



図-2.4.3 節突起付き鋼管の付着性能試験

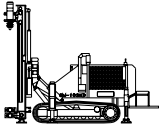
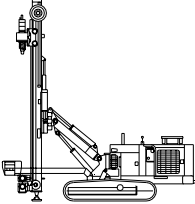
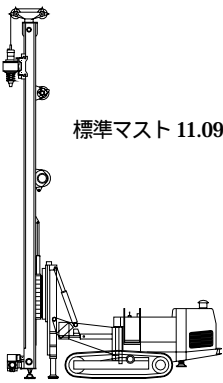


図-2.4.4 鋼管(継手有無)の曲げ試験

2.5 使用機械

ベースマシンの一例を図-2.5.1 に示す。ベースマシンは空頭制限高さや施工ヤード広さ等の制約条件、杭諸元などを考慮して選定できる。

表-2.5.1 ST マイクロパイル工法に用いるベースマシンの例

施工機械概要図				SM103HD	SM400	SM405 / 5-8
単位				標準マスト : 3.4m 	標準マスト : 6.05m ショートマスト : 4.1m 	標準マスト 11.09m 
機 関 出 力	kW			41.6	102.2	117
本 体 重 量	kN			66	105	209
機 械 幅	m			2.2	2.3	2.5
機 械 長	m			4.4	5.4	6.5
標 準 マ ス ト 高 (): ショートマスト	m			3.4	6.0 (4.1)	11.1
機 構	標準ストローク長 (): ショートマスト	m		2.3	4.0 (2.2)	8.0
	給 圧 力	kN		30.0	35.8	85.0
	引 抜 力	kN		62.0	79.4	85.0
ドリルヘッド	ロータリー	最 大 トルク	kN.m	9.15	11.9	14.9
		回 転 数	rpm	0 ~ 359	0 ~ 463	0 ~ 560
	ダウンザホールハンマ			使用可	使用可	使用可
標 準 ロ ッ ド の 径	mm			60 ~ 90	60 ~ 90	60 ~ 90
適 用 鋼 管 径	mm			216.3 以下	300 以下	300 以下
最小空頭制限への対応				空頭制限 3.5m 対応可	ショートマストで空 頭制限 4.5m 対応可	空頭制限 11.5m 対応可
公 称 打 設 角 度	°			0 ~ 360	0 ~ 270	0 ~ 60
備 考				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、シ ョートマストにより 低空頭に対応できる。	施工能力が高く、機 動性に優れる。空頭制 限下での施工には検討 が必要である。

3章 ST マイクロパイル工法の適用分野

ST マイクロパイルの適用分野を図-3.1.1 に示す。ST マイクロパイルは、制約条件下における新設構造物の基礎杭や既設構造物基礎の補強増し杭¹⁷⁾ (図-3.1.2) としての適用が主に挙げられるが、斜面補強¹⁸⁾ (図-3.1.3) 等の適用も可能である。

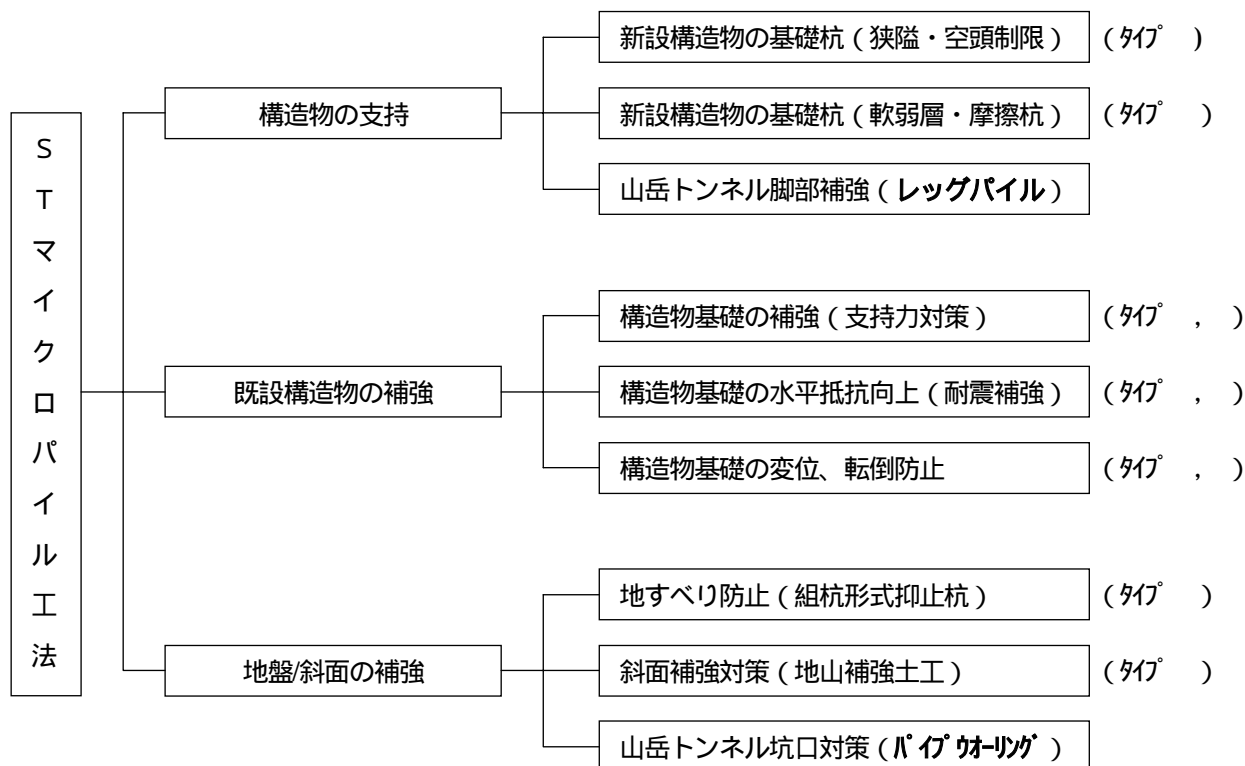


図-3.1.1 ST マイクロパイル工法の適用分野



図-3.1.2 既設構造物基礎の補強増し杭¹⁷⁾
(ST マイクロパイル タイプ)

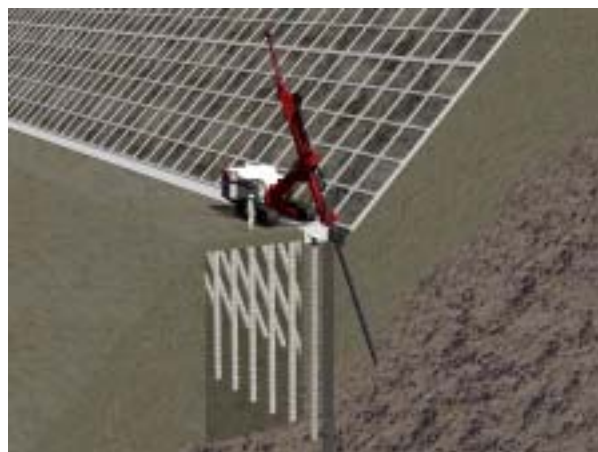


図-3.1.3 切土斜面面補強（組杭形式抑止杭）¹⁸⁾
(ST マイクロパイル タイプ)

官民共同研究「既設基礎の耐震補強技術の開発に関する共同研究；H11～H13年度」の研究成果
特許査定済み（2003.5.27 登録手続中）

〔参考文献〕

- 1) 例えば 酒井、坂本、木村、倉原、岡、小竹、山本：側壁支持力不足対策としてのマイクロパイルの設計，第 29 回土質工学研究発表会，1994.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書 下部構造編，1996.
- 3) 渡辺、野沢、遠山：L 型擁壁に適用したマイクロパイルの施工例，土木学会第 54 回年次学術講演会，1999.
- 4) *Watanabe, Sakamoto, NIJ-CIRCLE : Reinforcement of foundations for samall structure with micropiles : L-shaped retaining wall and snowshed foudations , Secound International Workshop on Micropiles , 1999.*
- 5) 赤本、岡：埋立地におけるマイクロパイルの鉛直載荷試験，第 34 回地盤工学研究発表会，1999.
- 6) 黒崎、村田、小林、岡、三木：砂質地盤におけるマイクロパイルの鉛直載荷試験（その 1），第 35 回地盤工学研究発表会，2000.
- 7) 三木、岡、村田、黒崎、小林：砂質地盤におけるマイクロパイルの水平載荷試験，第 35 回地盤工学研究発表会，2000.
- 8) NIJ 研究会：高圧噴射攪拌工法（GTM 工法）技術資料，2001.
- 9) 久慈、渡邊、八田、小竹、木下：地下水の豊富な転石・玉石・砂礫地盤における高圧噴射攪拌地盤改良工の施工例，第 34 回地盤工学研究発表会，1999.
- 10) 赤本、岡：埋立地におけるマイクロパイルの鉛直載荷試験，第 34 回地盤工学研究発表会，1999.
- 11) 村田、黒崎、岡、三木、斉藤：砂質地盤におけるマイクロパイルの鉛直載荷試験（その 2），第 35 回地盤工学研究発表会，2000.
- 12) 村田、黒崎、小林、岡、三木：地盤改良併用型マイクロパイルの引抜き載荷試験，第 36 回地盤工学研究発表会，2001.
- 13) 三木、岡、村田、黒崎、小林：地盤改良併用型マイクロパイルの水平載荷試験，第 36 回地盤工学研究発表会，2001.
- 14) 三木、岡、福井、大下：既設基礎の耐震補強に関する検討（その 4）- ST マイクロパイル工法 - ，土木学会「第 5 回耐震補強・補修技術及び耐震診断技術に関するシンポジウム」，2001.
- 15) 村田、小林、芦原、黒崎：高張力鋼を用いたマイクロパイルの芯材用鋼管の開発（その 1）- 付着性能試験結果 - ，土木学会第 54 回年次学術講演会，1999.
- 16) 黒崎、村田、小林、芦原：高張力鋼を用いたマイクロパイルの芯材用鋼管の開発（その 2）- 材料性能試験結果 - ，土木学会第 54 回年次学術講演会，1999.
- 17) 独立行政法人土木研究所他：既設基礎の耐震補強技術の開発に関する共同研究報告書（その 2），2001.
- 18) 先端建設技術センター他：小口径鋼管を用いた斜面補強システムに関する共同研究報告書（その 1），2001.

NIJ研究会

NIJ研究会は、超高圧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、安全で経済的な改良・補強工、構造物の支持力対策工などの発展に寄与することを目的に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(株)のPAT.で、NIJ研究会は実施権許諾を受けて施工しています。

正会員

利根地下技術(株)

日本基礎技術(株)

(株)親和テクノ

準会員

極東工業(株)

大豊工業(株)

(株)タシマボーリング

タチバナ工業(株)

テクノ工業(株)

東亜グラウト工業(株)

舟本ボーリング(有)

賛助会員

アトラスコプコ(株)

(有)エム・システム

(株)ケー・エフ・シー

新日本製鐵(株)

住友金属工業(株)

ソイルメックジャパン(株)

(株)ティーエフティー

テクノドリル(株)

日本チューブラープロダクツ(株)

(株)樋口技工

三菱マテリアル(株)

NIJ研究会 URL <http://www.nij-gr.com>

東日本支部事務局 東京都港区芝2-5-10 (株)ケー・エフ・シー技術部内
TEL:03-3796-8517 FAX:03-3798-8850 E-mail:kfc@nij-gr.com

西日本支部事務局 大分県中津市大字東浜332番地 日本チューブラープロダクツ(株)内
TEL:0979-22-1279 FAX:0979-22-2492 E-mail:ntpc@nij-gr.com