

4.2 国内の施工事例

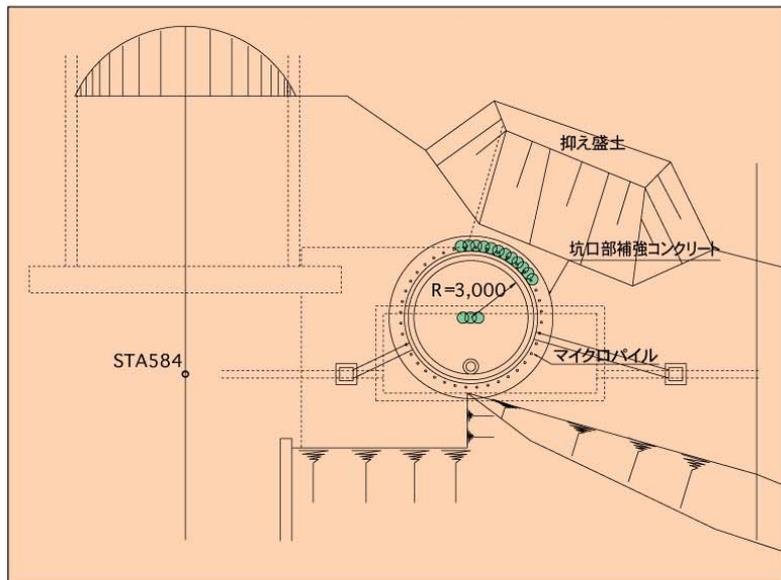
GTM工法の国内における施工事例を表 4.3 に示す。

表 4.3 GTM工法施工事例

事例 No.	工 法 噴射方式	造 成 固 結 体 諸 元				地 盤 条 件	適 用 区 分
		φ (mm)	施工深度 (m)	強 度 (kgf/cm ²)	補強材		
1	MONO	600	GL-2 ~-7	平均117	マイクロパイル	崖錐層・風化砂岩層	円形立坑・土留め壁の施工
2	DOUBLE	1400	GL-11 ~-16	40~80	なし	細砂・砂礫層 N値 20~50以上	立坑底盤改良のための 試験施工
3	TRIPLE	1800	GL-7 ~-12	10~20	なし	微細砂・砂礫層 N値 15~50以上	泥水推進管路施工 発進・到達防護工
4	TRIPLE	1600	GL-2 ~-6	35~50	なし	粘土混じり細砂 N値 5~15程度 砂質粘土・有機物粘土質砂 N値2~5	小口径推進管施工 発進・到達防護工 小規模円形立坑山留め壁
			GL-1.5 ~-7.1	平均22	なし		
5	TRIPLE	1600	GL-2 ~-2.5	40~60	なし	転石・玉石などを多く含む 砂礫地盤 N値 40~300(換算値) 程度	地中連続壁基礎を構築 する際の溝壁防護工、近接 施工対策工
6	DOUBLE	1800	GL-4.5 ~-10	10~20	なし	腐食土、粘性土 N値 3~10程度	造成工事に伴う盛土地盤 の補強
7	MONO	700	GL-2.0 ~-5.0	90~100	マイクロパイル	建設残土による埋立地、 砂礫層 N値 10~20程度	公開試験施工(砂礫系)
	DOUBLE	1400		平均36	なし		
	TRIPLE	1800		平均54	なし		
8	MONO	900	GL-1.5 ~-4.5	15~24	なし	砂質粘土地盤 自然含水比 54% 細粒分 51% N値 3程度	公開試験施工(粘性土系)
	DOUBLE	1900			なし		
	TRIPLE	2100			なし		
9	MONO	1000	GL-1.0 ~-6.0	80~120	マイクロパイル	砂層、砂礫層 N値 10~35程度	公開試験施工 (鉛直載荷試験)
10	MONO	1000	GL-1.0 ~-6.0	95~124	マイクロパイル	砂層、砂礫層 N値 10~35程度	公開試験施工 (引抜載荷試験) (水平載荷試験)

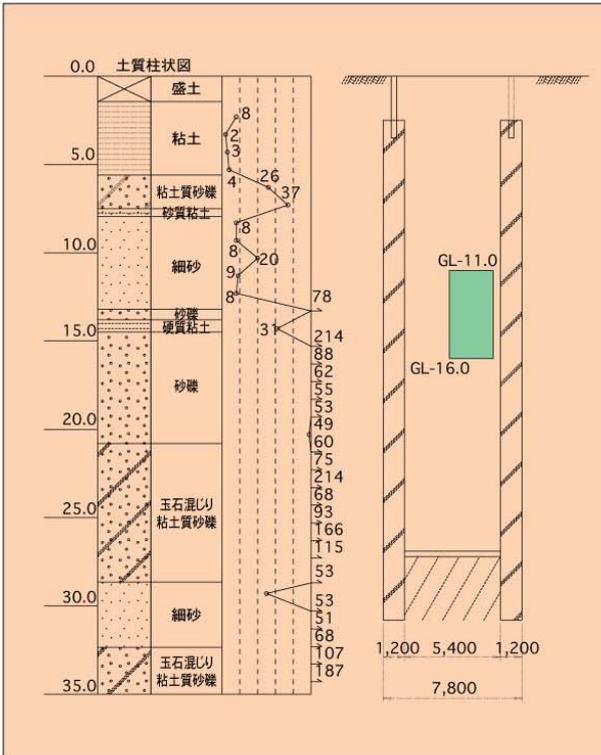
国内の施工事例－NO.1

工 事 名	磐越自動車道焼山トンネル西工事 「洗浄水貯留水槽設置工」	施 工 場 所	新潟県
施 工 年 月	1995年8月～9月		
工 事 概 要	<p>トンネル坑口部に洗浄水貯留層（貯留容量110m³）が計画された。</p> <p>施工ヤードが狭く、トンネル坑口に隣接する斜面安定の為に押さえ盛土に近接して施工を行うため、掘削を立坑NATMにて行う円形貯留層方式が採用された。また、その補助工法にマイクロパイル（φ114.3mm 工法および芯材補強方式のGTM）が施工された。芯材補強方式のGTMは、押さえ盛土に接する斜面側に施工された。また、造成径・強度確認のための試験杭も施工した。</p>		
工 法	<p>MONO FLUID での芯材補強方式（マイクロパイル併用）</p> <p>噴射吐出圧力 $P=400\text{kgf}/\text{cm}^2$</p>		
地 盤 条 件	崖錐堆積層（砂礫混じり砂質シルト）および強風化凝灰質砂岩		
施 工 諸 元	<p>改良体造成径φ=600mm 造成長L=5m×9本、試験杭3本（L=3m）</p> <p>改良一軸圧縮強度$q_u=100\sim 130\text{kgf}/\text{cm}^2$</p> <p>使用GTM造成機械 SM103HD、超高压ポンプ5T-302 型</p> <p>マイクロパイル打設用（削孔使用SM400）</p> <p>円形立坑内径φ=6m（掘削外径φ=7m）</p>		
備 考	円形立坑・山留め壁体としての適用例		

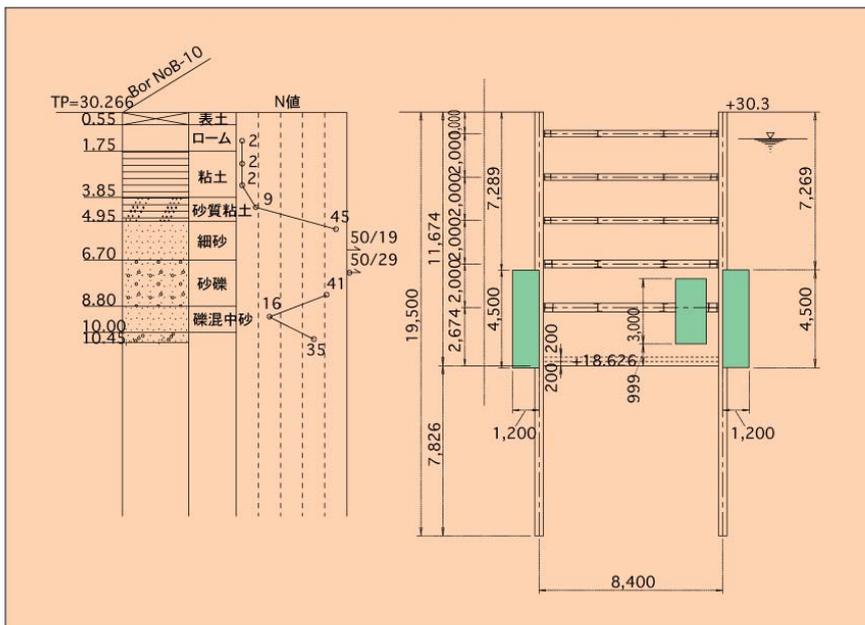


国内の施工事例－NO.2

工 事 名	シールド発進立坑底盤改良工事	施 工 場 所	東京都
施 工 年 月	1996年4月～5月		
工 事 概 要	<p>地中連続壁工法によるシールドの発進立坑の底盤改良工事</p> <p>GTM工法 自削孔方式のDOUBLEFLUID 工法の適用範囲確認のための試験施工を実施。</p> <p>削坑ビットの性能試験、改良体の品質確認試験（造成径確認、強度確認、排泥状況確認など）、 在来工法との性能比較試験を行う。</p> <p>目標造成径$\phi=1400\text{mm}$ 目標強度$q_u=30\text{kgf/cm}^2$ 以上</p>		
工 法	DOUBLE FLUID 方式		
地 盤 条 件	砂礫・粘土質砂礫 (N=50以上)		
施 工 諸 元	<p>改良体造成深度 GL-11m～GL-16m</p> <p>改良体造成長 5m、確認造成径 1.4m～1.8m</p> <p>硬化材が礫を取り囲む改良体：一軸圧縮強度$q_u=47\sim 88\text{kg f/cm}^2$程度</p> <p>GTM造成機 SM405による自削孔方式 (ROLLER BIT)</p> <p>超高压ポンプ5T-302 型</p>		
備 考	立坑の底盤改良に対する適用確認試験		



国内の施工事例—NO.3			
工 事 名	北関東自動車道茨城東IC工事	施 工 場 所	茨城県
施 工 年 月	1996年12月		
工 事 概 要	<p>泥水推進の発進・到達防護工</p> <p>推進工法の施工対象深度は、GL-8 m～GL-10 m付近。</p> <p>φ=1650 mmの泥水推進工法、発進立坑と到達立坑の2箇所を施工。</p> <p>発進立坑:8.4 m×5.4 m×11.7 m(底盤深度)</p> <p>到達立坑:5.6 m×5.2 m×11.2 m(底盤深度)</p>		
工 法	TRIPLE FLUID方式		
地 盤 条 件	微細砂(N値50程度)・礫混じり中砂(N値30～40程度)・砂礫(N値50以上)の互層、地下水位は高く、GL-1.2 m程度。		
施 工 諸 元	<p>発進立坑：設計改良径φ1400mm、造成長4.5m、造成本数7本×2箇所 造成径・強度確認のための試験施工杭：2本施工</p> <p>到達立坑：設計改良径φ1400mm、造成長4.5m、造成本数7本×2箇所 試験施工結果から、平均N値40程度の区間で造成径φ1800～φ1900mmが確認された。</p> <p>改良体強度は、低強度タイプの設計(目標強度$q_u=10\text{kgf}/\text{cm}^2$)に対して、10～37$\text{kgf}/\text{cm}^2$程度である。</p> <p>GTM造成機 SM405、超高圧ポンプ5T-302型使用。</p>		
備 考	発進・到達立坑防護工		



国内の施工事例－NO.4

工 事 名	配管工事に伴う地盤改良工事	施 工 場 所	千葉県
施 工 年 月	1996年9月		
工 事 概 要	<p>冷暖房施設配管工事に伴う小口径推進の発進・到達坑口の防護工・小規模円形立坑山留め壁(ライナープレート併用)の施工</p> <p>立坑(3.5 m×4.2 m 内径φ4.5mの小規模円形など)4箇所</p> <p>施工深度 GL-2.2m~GL-6.2m、GL-1.5m~GL-7.1m</p>		
工 法	TRIPLE FLUID 方式		
地 盤 条 件	粘土混じり細砂(N値5~15程度)および砂質粘土(N値2~5程度)		
施 工 諸 元	<p>改良体造成径φ1600mm、造成長3~5.6m、施工本数N=20本</p> <p>改良体強度：粘土混じり細砂層(35~50kgf/cm²)</p> <p style="padding-left: 40px;">砂質粘土層(平均22kgf/cm²)</p> <p>GTM造成機 SM103、超高压ポンプ5T-302型使用。</p>		
備 考	<p>発進・到達立坑防護工</p> <p>小規模円形立坑山留め壁</p>		



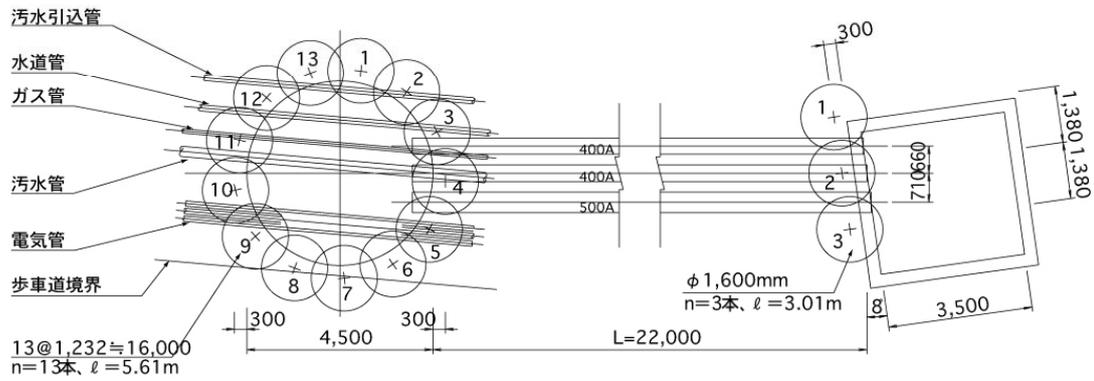
I 工区

平面図

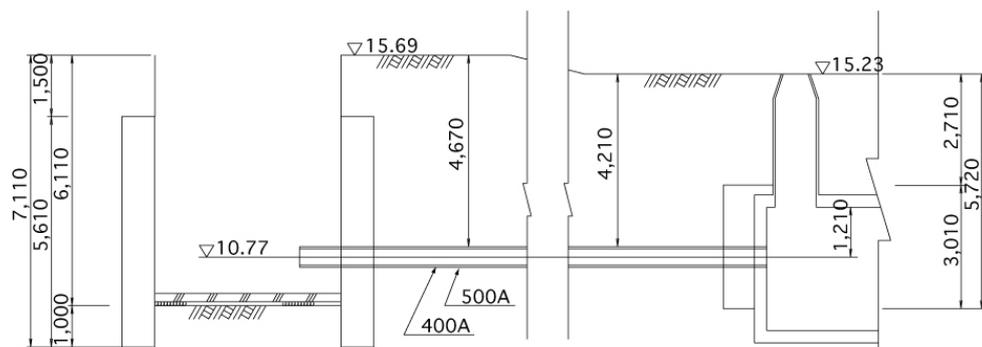
NO.4 立坑

S=1:100

NO.3 立坑

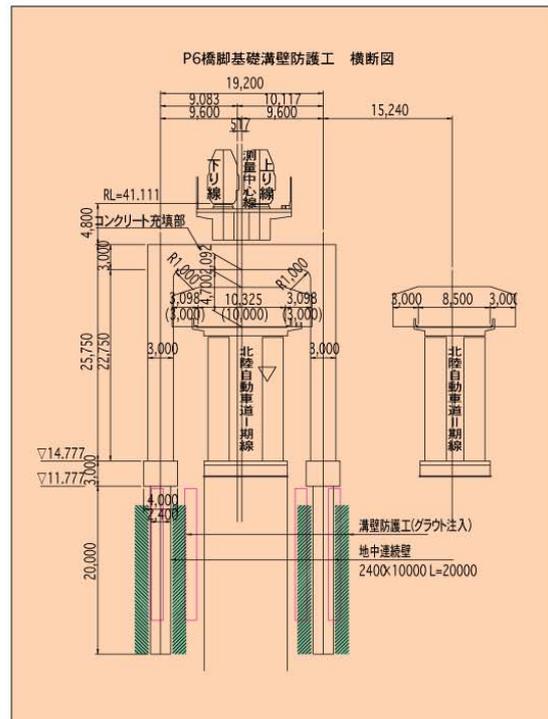
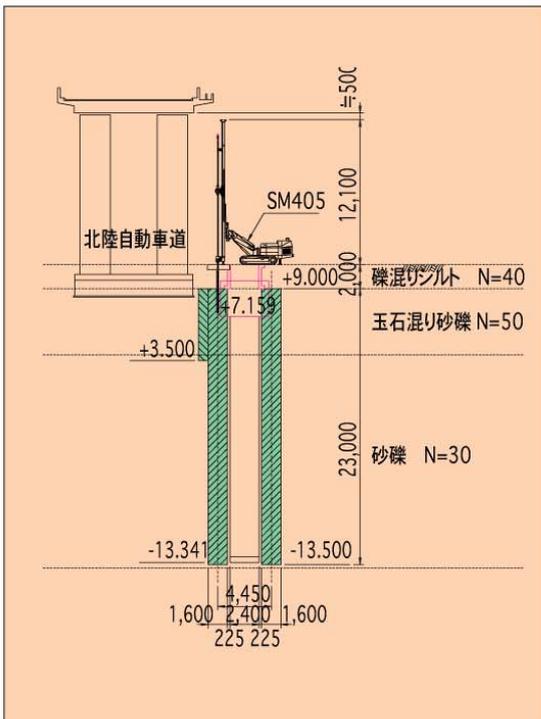
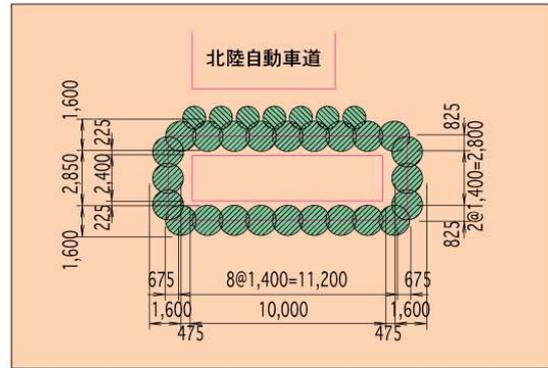


断面図



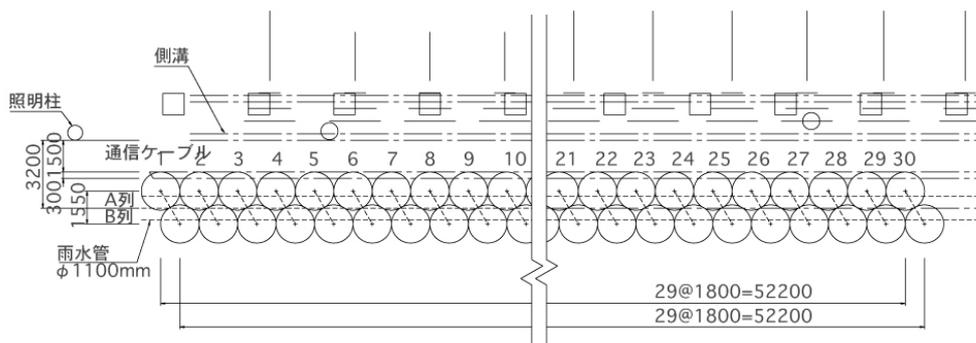
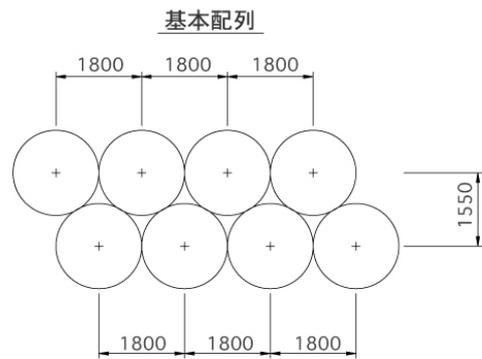
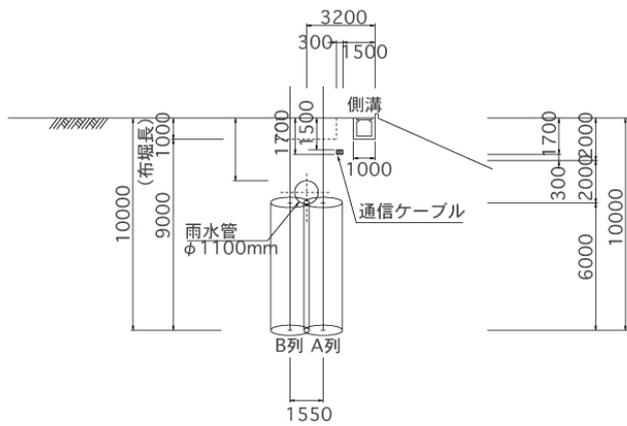
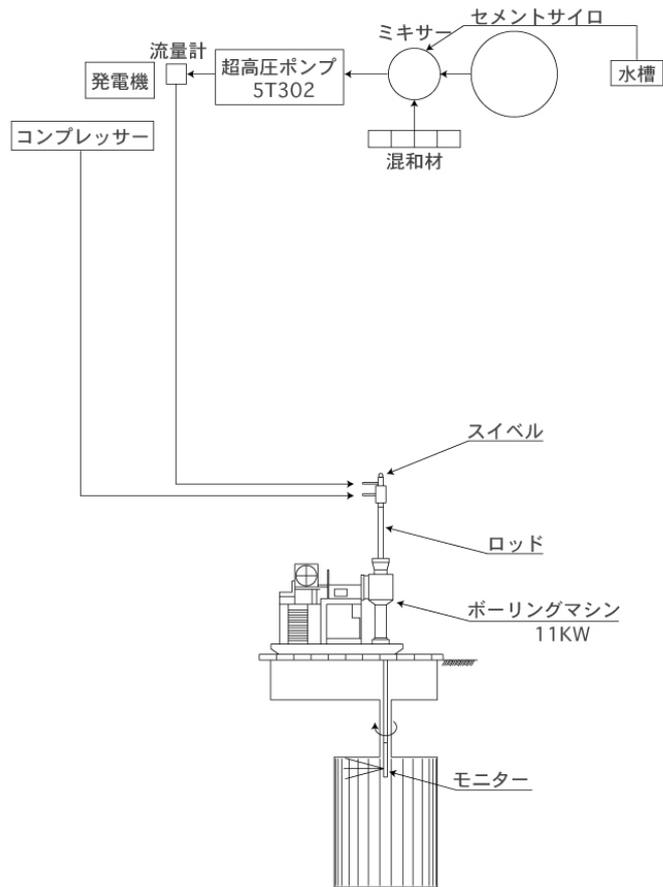
国内の施工事例－NO.5

工 事 名	北陸新幹線(糸・魚)、橋梁基礎工事	施 工 場 所	新潟県
施 工 年 月	1997年12月～1998年3月		
工 事 概 要	<p>北陸自動車道に近接する橋梁の基礎工として地中連続壁基礎を構築する際の溝壁防護工としてGTMを施工した。</p> <p>近接構造物防護のため、泥水の逸泥防止と壁面崩壊防止が主な目的であり、採用にあたっては試験施工を実施し、改良効果および施工手順等の確認を行った。</p> <p>工事箇所は青海川によって形成された谷間扇状地(河川敷)で、転石、玉石などの粗大石を多く含む。</p>		
工 法	TRIPLE FLUID 方式		
地 盤 条 件	転石・玉石交じり砂礫層(N値10～50以上)、透水係数 $2 \times 10^2 \text{ cm/s}$ 程度		
施 工 諸 元	<p>改良体造成径$\phi 1600 \text{ mm}$ 造成長$L=23 \sim 23.5 \text{ m}$、施工本数$N=96$本</p> <p>地中連続壁1カ所当たり24本\times4カ所</p> <p>GTM造成機 SM405 SM103 超高压ポンプ5T-302型使用。</p> <p>SM405を用い、ガイドホール削孔(ケーシング$\phi 165.2 \text{ mm}$)を実施した。</p> <p>排泥は場内処理。</p>		
備 考	<p>近接施工における地中連続壁基礎の溝壁防護工</p> <p>参考)「地下水の豊富な転石・玉石・砂礫地盤における高圧噴射式地盤改良工の施工例(間隙水圧と強度特性)」;第54回土木会年次講演会H11年9月</p>		



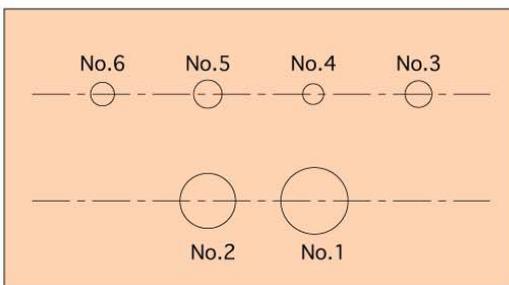
国内の施工事例－NO.6

工 事 名	造成工事に伴う地盤改良工事	施 工 場 所	茨城県
施 工 年 月	1998年2月～1999年月		
工 事 概 要	<p>造成工事に伴う盛土地盤の補強・すべり抑止工</p> <p>既設の雨水管(φ1.1m)を避けて、GL-10m～GL-4.5mの区間に、柱列式の地中壁(抑止工)を造成する。従来の単管・二重管工法に比べて、施工速度および経済性に優れるために、GTM工法が採用された。</p>		
工 法	TRIPLE FLUID 方式		
地 盤 条 件	腐食土。粘性土(N値3～10程度)		
施 工 諸 元	<p>改良体造成径φ1800mm、造成長L=5.5m、施工本数N=60本</p> <p>G T M造成機 ボーリングマシン、超高压ポンプ5T-302型使用。</p>		
備 考	地盤補強・すべり抑止工		



国内の施工事例－NO.7

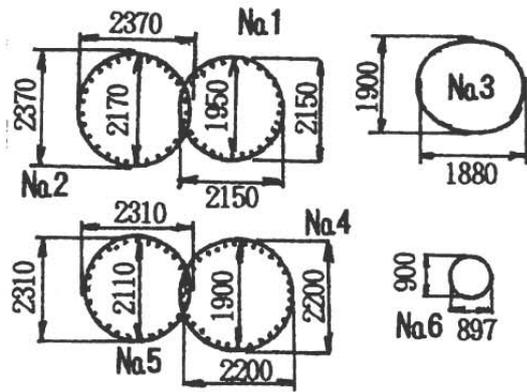
工 事 名	埋立地における試験工事	施 工 場 所	兵庫県
施 工 年 月	1998年6月～7月		
工 事 概 要	<p>GTM工法の埋立地(砂礫層)における試験工事。改良体の造成径および改良体強度の確認を主な目的とした公開試験施工。</p> <p>MONO・DOUBLE・TRIPLE方式の造成径および改良体強度を確認。</p> <p>MONO方式：造成径φ700～φ1000mm（噴射エネルギー 約27MJ/m）</p> <p>DOUBLE方式：造成径φ1400mm （噴射エネルギー 約50MJ/m）</p> <p>TRIPLE方式：造成径φ1800mm （噴射エネルギー 約72MJ/m）</p>		
工 法	MONO、DOUBLE、TRIPLE FLUID方式		
地 盤 条 件	砂礫層(N値10～20程度)、建設残土による埋立地(礫径φ5～15cm)		
施 工 諸 元	<p>改良体強度(30kg f/cm²以上)、噴射エネルギーに応じた目標造成径を確認。</p> <p>MONO方式、W/C70%のグラウト材使用 平均qu=105 kgf/cm²</p> <p>MONO方式：GT-1号標準配合使用(平均qu=94kg f/cm²)</p> <p>DOUBLE方式：GT-1号標準配合使用(平均qu=36kg f/cm²)</p> <p>TRIPLE方式：GT-1号標準配合使用(平均qu=54 kgf/cm²)</p> <p>GTM造成機 SM405 超高压ポンプ5T-30型使用。</p>		
備 考			



改良体	流体噴射方式・造成システム	W/C (%)
No.1	水・空気・材料噴射系 (TRIPLE FLUD)	83
No.2	空気・材料噴射系 (DOUBLE FLUD)	83
No.3	材料噴射系 (MONO FLUD) + プレカット方式	83
No.4	材料噴射系 (MONO FLUD)	83
No.5	材料噴射系 (MONO FLUD) + プレカット方式	70
No.6	材料噴射系 (MONO FLUD)	70

国内の施工事例－NO.8

工 事 名	軟弱砂質粘土における試験工事	施 工 場 所	長 崎 県
施 工 年 月	1998年9月		
工 事 概 要	<p>GTM工法の軟弱砂質粘土地盤における改良体造成試験工事。</p> <p>清水プレカットの有無・硬化材の圧力・圧縮空気の流量などのジェットグラウトパラメーターを変化させ、改良体の造成に与える影響を調べた。</p>		
工 法	MONO、DOUBLE、TRIPLE FLUID 方式		
地 盤 条 件	自然含水比54%、細粒分51%の砂質粘土 (N値3程度)		
施 工 諸 元	<p>施工深度はGL-1.5m～GL-4.5m、改良体造成長さ3m。</p> <p>MONO方式1本、DOUBLE方式2本、TRIPLE方式3本の試験造成を実施。</p> <p>その他従来工法との比較も行い、所定のエネルギーを確保することにより、造成引き上げ速度を7/と速くしても、十分安定な改良体を造成できる事等を確認した。</p> <p>G T M造成機 S M103、超高压ポンプ5 T-302型使用。</p>		
備 考	参考資料)「軟弱砂質粘土に於ける高压噴射攪拌工法(GTM工法)の試験工事、平成11年度土木学会西部支部研究発表会」		



国内の施工事例－NO.9

工 事 名	芯材補強方式の試験工事(その1)	施 工 場 所	茨城県
施 工 年 月	1999年7月～9月		
工 事 概 要	<p>地盤改良併用型マイクロパイル(STマイクロパイルタイプ[®])は、GTM工法(MONO方式)によって改良された地盤をボーリングして節突起の付いた鋼管を挿入し、鋼管と改良体の隙間をセメントミルクで加圧充填する工法である。</p> <p>本工法は小さな削孔径で大きな杭の有効径を確保し、GTM工法による拡径改良体と芯材として用いる小口径高張力鋼管が一体となり、大きな支持力を得るものである。試験工事においては、鉛直押し込み載荷試験・水平載荷試験およびGTM改良体の造成径確認試験・強度確認試験などを実施した。</p>		
工 法	MONO FLUID 方式		
地 盤 条 件	砂質・砂礫層(N値10～35程度)		
施 工 諸 元	<p>改良体造成径 φ1000mm、造成長 5m、施工本数 N=2本</p> <p>改良体強度：砂 層 (平均80kgf/cm²)</p> <p style="padding-left: 40px;">砂礫層 (平均120kgf/cm²)</p> <p>硬化材(セメントミルク) W/C=68%</p> <p>GTM造成機 SM400、超高压ポンプ5T-302型使用。</p>		
備 考	参考資料)「地盤改良併用型マイクロパイルの為の高圧噴射攪拌工法による改良体の造成、第35回地盤工学研究発表会、2000.06」		

■ 噴射テスト



■ GTM改良体 コア採取



■ STマイクロパイル タイプI (GTM改良体出来形)



■ GTM改良体



国内の施工事例－NO.10

工 事 名	芯材補強方式の試験工事(その2)	施 工 場 所	茨城県
施 工 年 月	2000年8月～10月		
工 事 概 要	<p>地盤改良併用型マイクロパイル(STマイクロパイルタイプ[®])は、GTM工法(MONO方式)によって改良された地盤をボーリングして節突起の付いた鋼管を挿入し、鋼管と改良体の隙間をセメントミルクで加圧充填する工法である。</p> <p>本工法は小さな削孔径で大きな杭の有効径を確保し、GTM工法による拡径改良体と芯材として用いる小口径高張力鋼管が一体となり、大きな支持力を得るものである。試験工事(その2)においては、マイクロパイルの鉛直引抜き荷重・水平載荷試験およびGTM改良体の造成径確認・強度確認試験などを実施した。</p>		
工 法	MONO FLUID 方式		
地 盤 条 件	砂質・砂礫層(N値10～35程度)		
施 工 諸 元	<p>改良体造成径 φ1000mm、造成長 5m、施工本数 N=2本</p> <p>改良体強度：砂 層 (平均80kgf/cm²)</p> <p style="padding-left: 40px;">砂礫層 (平均120kgf/cm²)</p> <p>硬化材(セメントミルク) W/C=68%</p> <p>GTM造成機 SM400、超高压ポンプ5T-302型使用。</p>		
備 考	参考資料「軟弱砂質粘土に於ける高压噴射攪拌工法(GTM工法)の試験工事、平成11年度土木学会西部支部研究発表会」		

■鉛直載荷試験状況



■水平交番載荷試験状況



■水平載荷試験TYPE-「 STマイクロバイルTYPE-「



■水平交番載荷試験状況

