

G T M (高圧噴射攪拌) 工法

G E O - T O R N A D O M I X I N G M E T H O D

積 算 資 料
(三訂版)

2 0 0 8 年 6 月

N I J 研究会

まえがき

超高圧噴射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30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・共同溝などの大断面、大深度の地下空間等の建設にあたっては、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問題です。

ジオトルネードミキシング工法（Geo-Tornado Mixing Method、以下GTM工法と呼ぶ）は、超高圧噴射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。

N I J 研究会は、超高圧噴射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・技術の向上を図り、信頼性に優れ、安全で経済的な地盤改良工、構造物の支持力対策工、斜面安定化工などの整備に寄与することを目的として、平成9年に設立された民間の共同研究開発組織です。

N I J 研究会では、欧州で発達した「マイクロパイル；Drilled Foundations」関連施工技術と「JET GROUTING」関連施工機械設備を導入するとともに、わが国の施工条件に適応するように開発・改良を重ねてGTM工法を確立しました。これまで、GTM工法技術資料（改訂版）・GTTM工法積算資料（改訂版）を作成しましたが、その後の施工実績等を基に、ここにGTM工法積算資料（三訂版）を発刊することにいたしました。

今後は、さらに工事経験、施工実績を踏まえ、ニーズの多様化に対応できるよう、技術力の向上に努める所存ですので、関係各位のご指導の程よろしくお願い申し上げます。

2008年6月

編集 N I J 研究会運営委員会
技術小委員会積算WG

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

GTM工法積算資料（三訂版）

目 次

1章 GTM工法の標準積算	1
1.1 適用範囲	1
1.2 工法の概要	1
1.3 噴射エネルギーと改良体造成径	3
1.4 改良体有効径	6
1.5 改良体強度と硬化材	7
1.6 機種を選定	8
1.7 施工歩掛	9
1.7.1 改良体造成工	9
1.7.2 排泥処理工	15
1.7.3 プラントの設置・撤去	16
1.7.4 機械等運搬費	16
1.8 特許料	17
1.9 単価表	18
1.10 積算例	21
N I J 研究会会員名簿	
■正会員	26
■準会員	26
■賛助会員	26
■事務局	27

1 章 G T M工法の標準積算

1.1 適用範囲

本資料は、二重管ツインノズルによる清水と硬化材の超高压噴射により、地中に標準造成径 160cm~200cm の改良体を、高速かつ材料ロスが少なく施工できる高压噴射攪拌工法である G T M 工法（以下「本工法」という）に適用する。標準施工の適用範囲は、改良体造成径 160~200cm、改良体造成長 40m 以下、斜杭造成の傾斜角 15 度以下とする。

1.2 工法の概要

本工法は、高压噴射改良体造成径と噴射エネルギー（吐出圧力×吐出流量×造成時間）との関係に基づき、土質条件・施工深度・造成目的に応じて標準造成径 160~200cm の改良体を造成することができる高压噴射攪拌工法である。施工能力上は、使用目的・地盤条件に応じて、造成径 40cm~220cm の改良体を造成することができる。改良体造成は、清水の超高压噴射による地盤のプレカット工程と硬化材の超高压噴射による改良体造成に区分される。図-1.2.1 に造成システムの概要図を、図-1.2.2 に施工手順図を示す。

ツインノズルによる 2 方向超高压噴射により、従来のシングルノズルに比べて施工効率が大幅に向上している。適用土質としては、軟弱な粘性土、シルト質土、砂質土、礫質土および径 150mm 程度以下の玉石混じり土に対適用できる。



図-1.1.1 G T M工法 高压噴射状況

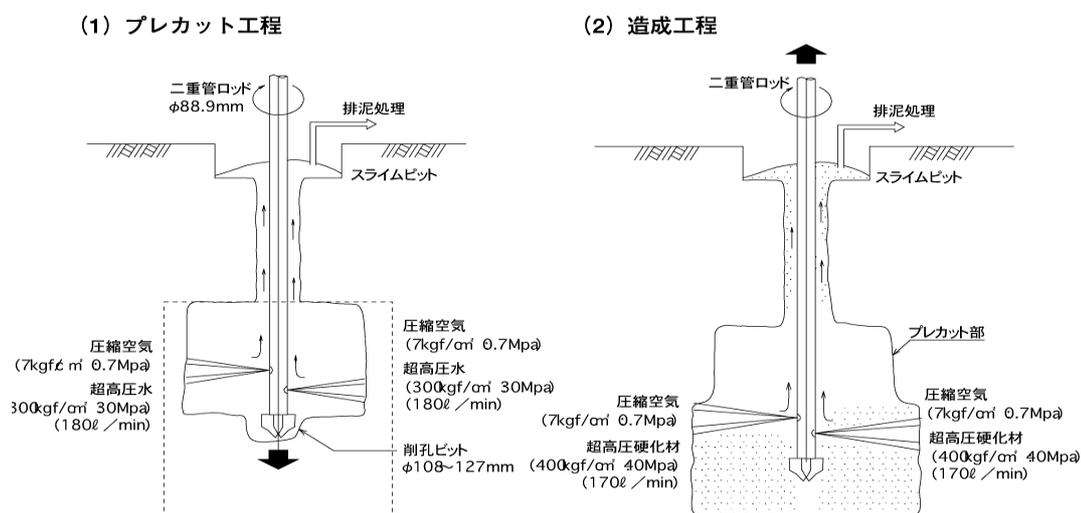


図-1.2.1 G T M工法の基本造成システム概要図

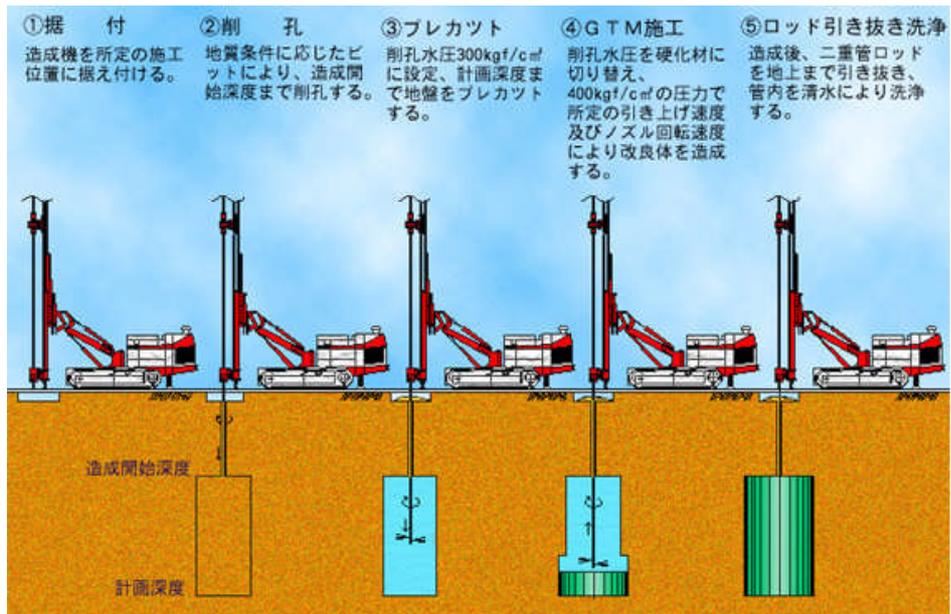


図-1.2.2 G T M工法の施工手順図



図-1.2.3 G T M工法の施工状況



図-1.2.4 G T M工法のモニター・造成ロッド

1.3 噴射エネルギーと改良体造成径

図-1.3.1は、改良体造成径に影響を与えるパラメーターである。改良体の造成径は、ノズルから地盤中に流入される噴射エネルギー（ E_i ）とロッドに沿って地表へ流出する排泥放出エネルギー（ E_o ）の差分エネルギーの大きさに影響される。

$$E_e = E_i - E_o$$

E_e = 改良体造成エネルギー

E_i = 噴射エネルギー

E_o = 排泥放出エネルギー

$E_i \cong E_o$ では、噴射エネルギーの大部分が排泥を放出するために費やされる場合で、改良体は造成されない。 $E_o \cong 0$ は閉塞して排泥が発生しない場合であり、噴射エネルギーの大部分は上昇した地盤内圧力を克服するために消費される。また、地盤の隆起や割裂が生じ円柱状の改良体造成は出来なくなる。噴射エネルギーが一定の場合、改良深度が深くなれば排泥放出エネルギーが増加する為に改良体造成エネルギー E_e は減少するので、改良体径も小さくなる。

標準造成システムと改良体造成エネルギーの関係によれば、プレカット工程と造成工程の分離システムが効率的な改良体の造成を可能にしている事が理解される。プレカット工程時には、排泥は硬化材を含まない為に E_o が小さくなる。造成工程時にも、プレカットによって土塊は十分に攪乱されているので E_o が小さくなる。地盤条件にもよるが、プレカット工程時の E_e を適切に選定する事が造成改良体全体の品質向上に重要となる。

噴射エネルギーを構成するパラメーターは、次の通りである。

- ①噴流体（硬化材、清水、空気）の吐出圧力（ P ）と吐出流量（ Q ）
- ②硬化材の比重（ γ ）、粘性（ ν ）
- ③噴射ノズルの数（ N ）と口径（ ϕ ）
- ④ロッド引上げ速度（ V_t ）

これまでの施工経験と超高压ポンプの性能から決定される項目を考慮すると、改良体造成径に影響する噴射エネルギーは、 P 、 Q 、 V_t の関数となる。

具体的に造成体単位長あたりに与えられる噴射エネルギー（ E_i ）は次式で求められる。

$$E_i = P \times Q \times V_t \quad [\text{MJ}/\text{m}] \quad \text{-----} \quad (1.1)$$

ここに、 P_t ; 吐出圧力 [MPa]

Q_t ; 吐出流量 [m³/min]

V_t ; ロッド引上げ速度 [min/m]

(1.1) 式は、プレカット工程時の清水の噴射エネルギー（ E_{iw} ）および、造成工程時の硬化材噴射エネルギー（ E_{ig} ）に適応される。

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

$$E_{ia} = 0.35 \times Q_a \times [(10 \times P_a)^{0.29} - 1] \times V_t \quad \text{-----} \quad (1.2) \quad \text{こ}$$

ここに、 P_a ; 圧縮空気吐出圧 [MPa]

Q_a ; 圧縮空気吐出流量 [m³/min]

V_t ; ロッド引上げ速度 [min/m]

総噴射エネルギー (E_{it}) は、(1.1) 式で求める清水の噴射エネルギー (E_{iw}) と硬化材の噴射エネルギー (E_{ig}) および (1.2) 式で求める圧縮空気の噴射エネルギー (E_{ia}) の総和として求めることが出来る。すなわち、

$$E_{it} = E_{iw} + E_{ig} + E_{ia} \quad [\text{MJ}/\text{m}] \quad \text{-----} \quad (1.3)$$

となる。

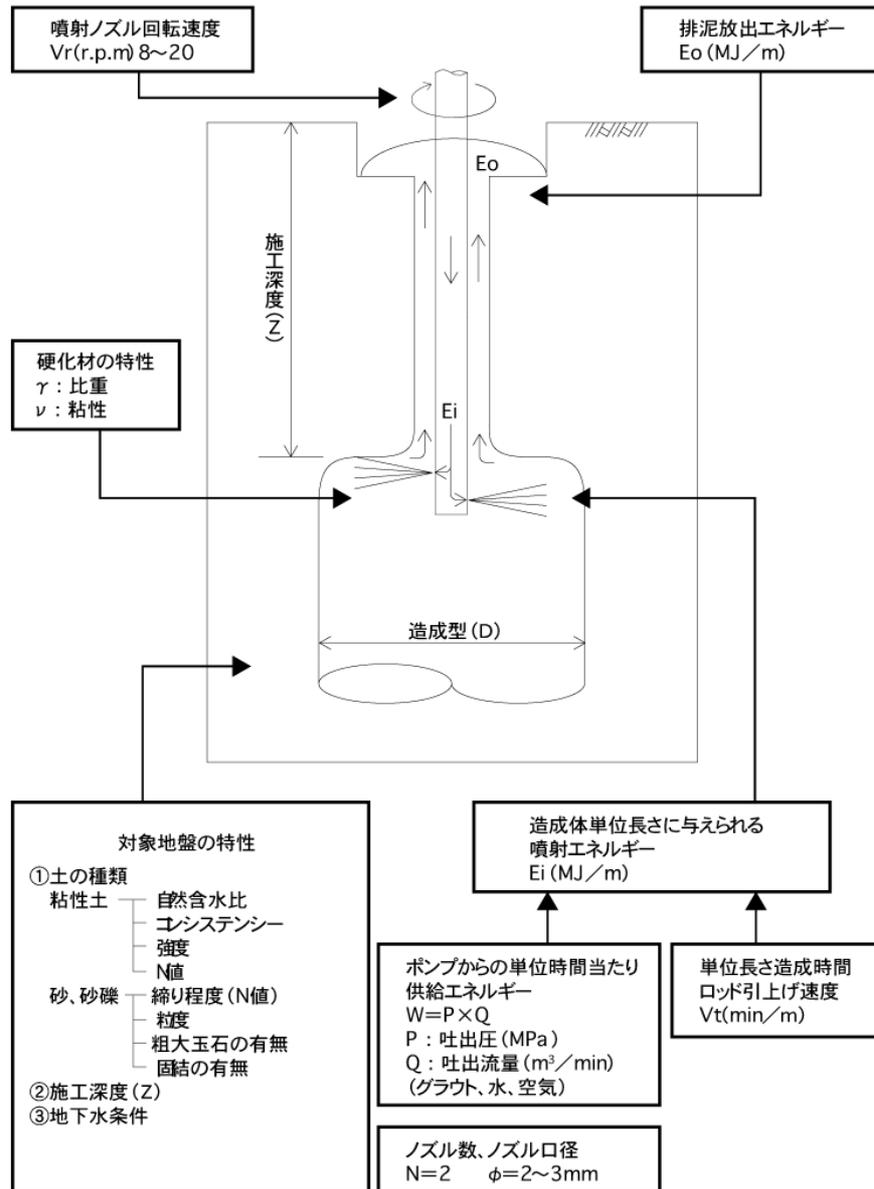


図-1.3.1 改良体造成径に影響を与えるパラメーター

図-1.3.2は、総噴射エネルギーと造成径の関係である。噴射エネルギーが50MJ/mまでは、造成径は噴射エネルギーとともに増加する。表-1.3.1に、単管方式、二重管方式等の噴射エネルギー比較表を示す。

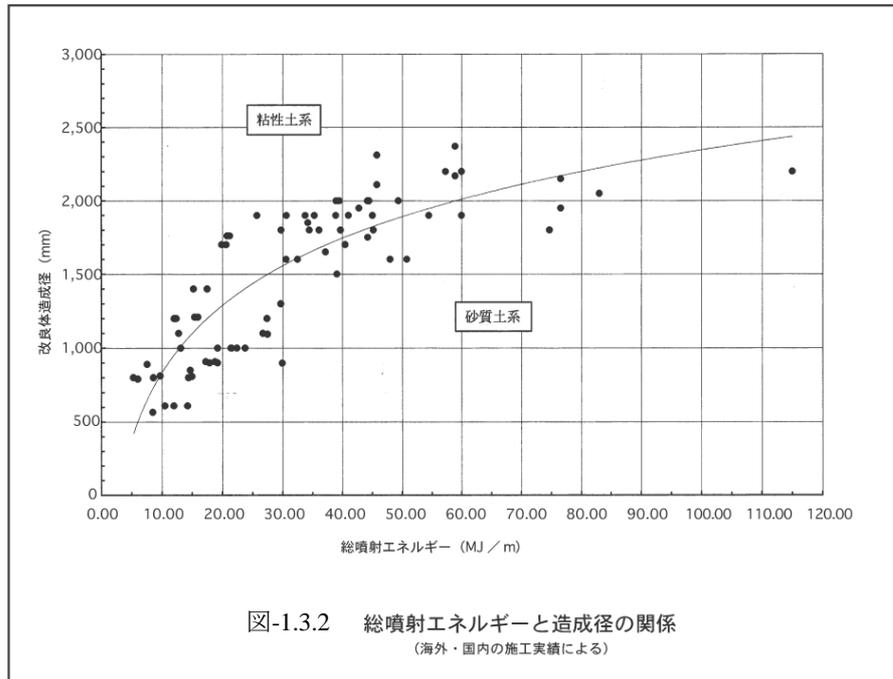


表-1.3.1 噴射エネルギー比較表

比較項目		噴流方式		
		MONO	DOUBLE	TRIPLE
硬化材	吐出圧力P Mpa	40	40	40
	吐出流量Q m ³ /min	0.14	0.17	0.17
	エネルギー MJ/min	5.6	6.8	6.8
空気	吐出圧力P Mpa	—	0.7	0.7
	吐出流量Q m ³ /min	—	6	6
	エネルギー MJ/min	—	1.59	1.59
清水 (プレカット)	吐出圧力P Mpa	—	—	30
	吐出流量Q m ³ /min	—	—	0.18
	エネルギー MJ/min	—	—	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

注1) MONOは材料噴射系、DOUBLEは空気・材料噴射系、TRIPLEは水・空気・材料噴射系を示す。

1.4 改良体有効径

標準的な改良体有効径を表-1.4.1および表-1.4.2に示す。

表-1.4.1 粘性土の改良体有効径

項目	土質名	粘 性 土			備 考
		$qu \leq 1.0$	$1.0 < qu \leq 2.0$	$2.0 < qu \leq 3.0$	
有効径 D (m) 施工深度 $0 < Z \leq 20m$		2.0	1.9	1.8	
有効径 D (m) 施工深度 $20 < Z \leq 40m$		1.8	1.7	1.6	
プレカット速度 (分/m)		1	2	3	
プレカット 施工仕様		清水吐出圧力 P = 300kgf/cm ² ; 30Mpa 流量 Q = 180 ℓ / min 空気吐出圧力 P = 7kgf/cm ² ; 0.7Mpa 流量 Q = 4~8m ³ / min			
引き上げ速度 (分/m)		9	8	7	
改良体造成 施工仕様		硬化材吐出圧力 P = 400kgf/cm ² ; 40Mpa 流量 Q = 170 ℓ / min 空気吐出圧力 P = 7kgf/cm ² ; 0.7Mpa 流量 Q = 4~8m ³ / min			

- (注) 1. 粘性土の土質条件には、一軸圧縮強さ qu (kgf/cm²) を用いている。
 2. $qu \leq 1.0$ はN値 ≤ 1 、 $qu \leq 2.0$ はN値 ≤ 3 、 $qu \leq 3.0$ はN値 ≤ 5 に対応する。
 3. 施工条件等の影響により、清水・硬化材の圧力・流量が変動する場合には、噴射エネルギーの試算結果に基づき、プレカット速度・引き上げ速度を調整する必要がある

表-1.4.2 砂質土の改良体有効径

項目	土質名 N値	砂 質 土			備 考
		$N \leq 10$	$10 < N \leq 30$	$30 < N \leq 50$	
有効径 D (m) 施工深度 $0 < Z \leq 20m$		2.0	1.9	1.8	
有効径 D (m) 施工深度 $20 < Z \leq 40m$		1.8	1.7	1.6	
プレカット速度 (分/m)		1	2	3	
プレカット 施工仕様		清水吐出圧力 P = 300kgf/cm ² ; 30Mpa 流量 Q = 180 ℓ / min 空気吐出圧力 P = 7kgf/cm ² ; 0.7Mpa 流量 Q = 4~8m ³ / min			
引き上げ速度 (分/m)		9	8	7	
改良体造成 施工仕様		硬化材吐出圧力 P = 400kgf/cm ² ; 40Mpa 流量 Q = 170 ℓ / min 空気吐出圧力 P = 7kgf/cm ² ; 0.7Mpa 流量 Q = 4~8m ³ / min			

- (注) 1. N値>50の砂質土の場合、土の固結の有無が有効径に影響する。固結していない場合にはN値>30の有効径が確保される。固結している場合には、噴射エネルギー試算に基づき施工仕様を定める必要がある。
2. 砂礫や玉石混じり砂礫の場合の有効径は、砂質土の場合の10%減を基本とする。礫分の混合量が増加する場合、ガイドホール設置工の必要性、造成有効径等を事前検討する必要がある。
3. 施工条件等の影響により、清水・硬化材の圧力・流量が変動する場合には、噴射エネルギーの試算結果に基づき、プレカット速度・引き上げ速度を調整する必要がある。

1.5 改良体強度と硬化材

標準施工における改良体基準強度を表-1.5.1に、硬化材の種類と標準配合を表-1.5.2に示す。GTM工法では、改良対象土1m³当たりのセメント添加量に基づき改良体基準強度を決定している。但し、セメント添加量は、硬化材の配合・硬化材吐出流量・造成引き上げ速度によって変化するため、地盤条件・改良目的・造成仕様を検討したうえで、セメント添加量・添加方法を設定しなければならない。

表-1.5.1 硬化材添加量と改良体強度

土質	改良体基準強度 qu (kN/m ²)	改良対象土 1m ³ 当たり セメント添加量 (kg/m ³)
砂礫・砂質土	3000	350以上
粘性土	1000	350以上
砂礫・砂質土	1000 (低強度)	200以上

- (注) 1. 高含水の土や高有機質土については、室内配合試験などを行い硬化材の種類・配合、セメント添加量を定める必要がある。

表-1.5.2 硬化材の種類と標準配合

種別	硬化材 1m ³ 当たりの標準配合
G T - 1 号	普通ポルトランドセメント860kg 混和剤13kg 水716ℓ
G T - 2 号	普通ポルトランドセメント760kg 混和剤12kg 水750ℓ

- (注) 1. 混和剤は、アルキルアリルスルホン酸塩類を主成分とするGTM工法専用の混和剤(GTM-30)を使用する。GTMモニター(噴射ノズル・自動バルブ・逆止弁)への負担を低減するとともに、良好な硬化材(セメントミルク)分散性と強度発現性を発揮する。
2. 標準算定の算出にあたっては、セメントの比重3.15、混和剤の比重1.2としている。
3. 被圧帯水層や地下水の豊富な河川敷等において、硬化材の流出や水中拡散が想定される場合には、高い保形性・材料分離抵抗性・水中不分離性を有する特殊混和剤(ValviQ等)の使用を検討する。

1.6 機種を選定

施工機械の選定は、次表を標準とする。

表-1.6.1 G T M工法削孔造成機の標準仕様

施工機種	削孔造営ロッド径 φ (mm)	空頭制限 (m) 施工必要高さ	削孔造成ロッド長 (m/本)
SM401	60~90	7.8m以上	3.0m/本
SM401-S	60~90	4.8m以上	1.5m/本
SM400	60~90	7.3m以上	3.0m/本
SM103HD	60~90	3.8m以上	1.5m/本

(注)1. 空頭制限 3.8m 未満は、1m の削孔造成ロッドを使用することにより施工必要高さを 3.3m 以上とすることができる。



写真-1.6.1 超高压ポンプ（電動）



写真-1.6.2 G T M 用造成モーター



写真-1.6.3 超高压ポンプ（エンジン）



写真-1.6.4 施工状況（SM103）

1.7 施工歩掛

1.7.1 改良体造成工

(1) 改良体造成歩掛の適用範囲

改良体造成は、高圧噴射攪拌用地盤改良機による削孔・造成、移動作業である。機材搬入・据付、機材撤去・搬出、足場設置・撤去は対象外となる。排泥処理・削孔残土処理が必要な場合は、別途計上する。また、地盤条件等によりガイドホール設置工が必要な場合も、別途計上する。

(2) 使用機械

使用機械は、次表とする。

表-1.7.1 高圧噴射攪拌用地盤改良機種の選定

改良体 使用機種	造 成 長 (m)	造 成 長 (m)	造 成 長 (m)
	Z ≤ 30m	Z ≤ 40m	Z ≤ 40m
削孔造成機	SM103HD	SM400	SM401
定格出力 (kw)	41.6	102.2	116
超高圧ポンプ	吐出圧力 40MPa、吐出量 150~200 ℓ/分 電動機 150kw (電圧 400V:発電機 400KVA)		
セメントスラリープラント	24m ³ /h, セメントサイロミキサー・アジテータ・水槽等含む		
エアコンプレッサー	圧力 0.7~1.05MPa、流量 10~12m ³ /分		
流量計	200 ℓ/分		
発電機	75KVA		

(注) 1. 超高圧ポンプは、W/C=80%程度の硬化材を圧力 40MPa、流量 150~200L/分で高圧噴射できる性能を有した機種を選定する。

2. ミキシングプラントの規格は、現場条件により変更することができる。

3. 排出土処理用の機械（バックホウ、ダンプトラック等）は、別途算定する。

4. 足場材、造成ツール等の移動用トラックレンは、必要に応じて計上する。

(3) 編成人員

GTM改良体造成工の編成人員は、次表を標準とする。

表-1.7.2 GTM改良体造成工の標準編成人員表

職 種	単 位	数 量	摘 要
世話役	人	1.0	作業員の統括、作業管理等
特殊作業員	人	3.0	造成機・ポンプ・コンプレッサーの運転
普通作業員	人	3.0	造成の補助、資材運搬等
計		7.0	

(4) 検討条件

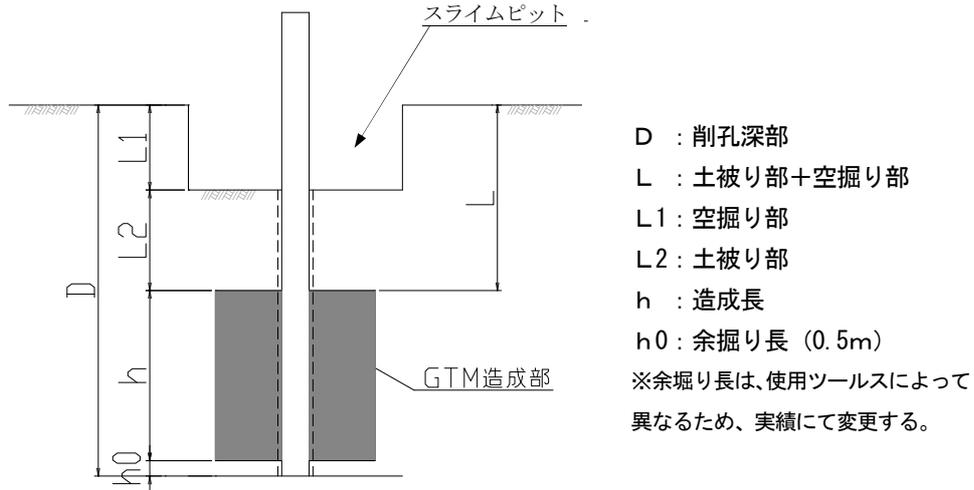


図-1.7.1 GTM工法 の標準的な施工検討条件

表-1.7.3 作業条件・削孔条件による補正值

条件	補正值	補正值			摘要
		+	0	-	
f1	家屋、構造物などによる障害・近接施工の影響度	ある 0.05	なし	—	機械移動等が制約され、作業中断や施工能率が低下する場合。
f2	空頭制限による作業難易の程度	ある 0.1	—	—	空頭制限で施工能率が低下すると判断された場合。
f3	足場状況により作業に及ぼす程度	不良 0.05	—	—	不陸、軟弱等による足場の良否
f4	高所作業に伴う作業効率の程度	ある 0.10	なし	—	ロッドや鋼管などの着脱作業において、高所作業車などが必要な場合。
f5	地下水・埋設物等の影響による削孔方式の変更	ある 0.15	—	—	湿式削孔への変更 河川等の水位以下での施工
f6	夜間作業が作業効率に及ぼす程度	不良 0.05	普通	—	作業基盤の整備等に制約を受ける場合
f7	冬期寒冷地による作業難易の程度	不良 0.05	普通	—	あるとは、気温が零下に下がり、ホース、ポンプ等の養生が必要になることをいう
f8	斜杭の施工による作業難易の程度(傾斜角)	ある $0.1 \times N$	—	—	斜杭 15 度以下での施工 N=2
f9	削孔長係数(削孔深度)	$>21m$ 0.1	$\leq 21m$ 0	—	削孔長 21m 以下は 0, $21m < L \leq 40m$ は +0

(5) 造成歩掛

高圧噴射攪拌式地盤改良の施工は、図-1.2.2に示すように削孔造成の連続施工方式を標準とする。砂レキ・玉石を主体とした地盤条件等により、ガイドホール削孔併用の造成方法を採用する場合には、試験削孔等に基づき別途算定する。

GTM工法の標準的な改良体造成時間は、次式による。

$$T_c = G t_1 + (G t_2 + G t_3 + G t_4 + G t_5) \times (1 + \Sigma f)$$

T_c: GTM改良体 1本当り 造成時間 (分/本)

G_{t1}: " 準備時間 (")

G_{t2}: " 削孔時間 (")

G_{t3}: " 清水噴射時間 (")

G_{t4}: " 改良体造成時間 (")

G_{t5}: " ロッド引き抜き成時間 (")

Σf: 作業条件・削孔条件に対する補正係数。表-1.7.3 (f1 から f9) を参照。

①準備時間 (G_{t1})

準備時間は、足場作り、削孔機械の移動、芯出しの時間であり、次表とする。

表-1.7.4 準備、その他の時間

作業項目	時間 (分/本)
機械移動・据付	10
噴射テスト・洗浄他	10
G _{t1} :準備時間	20

(注) 1. 造成機の1回の移動距離3m以内を標準とし、ブロック間の移動は、別途考慮する。

2. 造成機の足場作りとは、造成機の下に敷く足場とし、全体の仮設足場は含まない。

②削孔時間 (G_{t2})

$$G t_2 = (T_1 + T_2 + T_3)$$

ただし、

T₁: 削孔ロッドの空堀部への挿入時間

$$T_1 = \text{空堀長さ (L1) m} \times \text{挿入速度 (1分/m)}$$

T₂: 改良体1本当りの純削孔時間

$$T_2 = \text{削孔長さm} \times \text{土質別標準削孔時間 (分/m)}$$

削孔長さは、土被り部の長さ (L₂) + 造成長 (h) + 余堀り長 (h₀=0.5m) とする。

土質別標準削孔時間は、表-1.7.5 および表-1.7.6 に基づき算定する。

T₃: ロッドの建込み時間

$$T_3 = \text{削孔長さm} \times (\text{ロッド継足時間 2分/m})$$

ここに、削孔長さは土被り部の長さ (L₂) + 造成長 (h) + 余堀り長 (h₀=0.5m) とする。

表-1.7.5 γ : 土質別削孔時間 (min/m)

土質・岩質区分	標準削孔時間
粘性土 (N 値 \leq 5)	3
粘性土 (N 値 $>$ 5)	4
砂質土 (N 値 \leq 30)	4
砂質土 (N 値 $>$ 30)	6
レキ質土 ($\phi < 75\text{mm}$)	10

- (注) 1. N値は削孔対象地盤のN値である。粘性土については換算値である。
 2. レキ径 $\phi 75\text{mm}$ 以上の巨レキを含む場合や、レキ分比率が多い場合には、試験削孔などに基づきガットホール削孔方式の採用を検討する。

表-1.7.6 土質・岩質の分類

土質・岩質区分	代表的な地質の種類
粘性土	粘土・シルト・シルト質粘土・砂質土粘土・ローム等
砂質土	細粒砂・中粒砂・粗粒砂等
レキ質土	礫混じり砂・砂混じり礫等

- (注) 1. 粘性土のN値は換算値である。
 2. 土質条件等により、標準的な削孔方式の適用が困難な場合は、試験削孔等に基づき別途考慮する。

③清水噴射時間 (Gt3)

$$Gt3 = (T4 + T5)$$

ただし、

T4 : 改良体1本当りの清水噴射時間

$$T4 = h1 \times Vw \text{ (分/m)}$$

ここに、h1 : 改良体の造成長 (m) のうち、清水噴射が必要な地盤区間長、 $h1 \leq h$

Vw : 改良体造成長1m当りの清水噴射時間 ($Vw = 1 \sim 3 \text{分/m}$) とする。

表-1.4.1および表-1.4.2を参照。

T5 : 清水高圧噴射の準備・切替え時間

$$T5 = N \times 5 \text{分/回}$$

ここに、Nは、改良体の造成長 (m) のうち清水噴射が必要な区間数。空頭制限等によりラップ造成を行う場合には、清水高圧噴射を行う区間 (回数) に応じて算定する。

④造成噴射時間 (Gt4)

$$Gt4 = T6$$

$$\text{ただし、} T6 = (h + R h) \times Vc \text{ (分/m)}$$

ここに、h : 改良体の設計造成長 (m)。

R h : 改良体のラップ造成長 (m)

空頭制限等により、連続造成が出来ない場合は0.5mのラップ造成を行う。

$$\text{ラップ造成長 } R h = N2 \text{ (ラップ回数)} \times 0.5\text{m}$$

Vc：造成噴射時間、設計造成径に対応した改良体造成長1m当りの噴射時間とする。表-1.4.1、表-1.4.2を参照。地盤条件の変化や施工条件等によって造成噴射圧力・造成噴射流量を増減させた場合には、所定の噴射エネルギーおよびセメント添加量が確保できるように、造成長1m当りの清水噴射時間および造成噴射時間を調整しなければならない。

⑤ ロッド引抜き時間 (Gt5)

$$Gt5=(T7+T8)$$

ただし、T7=削孔長L2×(ロッド引上げ速度 1分/m)

T8=削孔長さm×(ロッド切離し時間 2分/m)

ここに、削孔長さは、土被り部の長さ(L2)+造成長(h)+余掘り長(h0=0.5m)とする

表-1.7.7 1本当たりの削孔・造成時間

	作業項目	摘 要
T1	ツール挿入時間	空堀部の長さ(L1)×1分/m
T2	純削孔時間	削孔長(L2+h+h0)×1m当り削孔時間
T3	ロッド建込み時間	削孔長(L2+h+h0)×2分/m
T4	清水噴射時間	清水噴射長 h1×(1~3)分/m
T5	清水噴射準備切替時間	清水噴射区間数×5分
T6	造成噴射時間	(造成長+ラップ長)×造成噴射時間= (h+N2×0.5m)×(7~9)分/m
T7	ロッド引上げ時間	削孔長(L2)×1分/m
T8	ロッド切離し時間	削孔長(L2+h+h0)×2分/m
Gt2：削孔時間		= (T1+T2+T3) 分
Gt3：清水噴射時間		= (T4+T5) 分
Gt4：造成時間		= T6 分
Gt5：引抜き時間		= (T7+T8) 分

- (注) 1. 空堀部の標準的な長さ(L1)は、0.5mである。挿入速度=1分/m
 2. 削孔長(L2)は、原則として土被り部の長さとする。
 3. ラップ回数は、空頭制限・使用造成ロッド長を考慮して決定する。
 4. 純削孔時間は、表-1.7.5の土質・岩質別削孔時間に基づき、土質ごとに算出する。

⑥ 改良体10本当たりの施工時間(日)

$$\text{施工時間(日)} = \frac{10 \times TC}{60 \times T}$$

GTM工は、標準拘束8時間、定置プラント設備を使用する場合で、1日当りの実運転時間(T)は、6.7時間とする。車上プラントの場合は、作業帯の設置・撤去時間に応じて、別途、算定するものとする。

(6) 削孔用消耗材料費

削孔用消耗材料費として、以下に示す消耗材料を計上する。

表-1.7.8 GTM 削孔用消耗材料 (削孔1m当り)

名 称	単 位	粘性土	砂質土 N≤30	砂質土 N>30	礫質土
GTM スイベル ①	組	0.0003	0.0004	0.0005	0.0007
GTM ロッド ②	m	0.001	0.002	0.003	0.004
GTM モニター ③	個	0.0003	0.0005	0.0007	0.0015
超高压ホース類 ④	個	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
削孔ビット類 ⑤	個	0.002	0.005	0.01	0.03

- (注) 1. 粒径φ75mm以上の大礫や巨礫を含む場合や、φ2～φ75mmの礫分を多く含む場合には、試験施工等に基づき別途算定する。
2. 清水噴射時の削孔噴射用消耗品費も、上記削孔用材料損耗表に基づき算定する。

(7) 噴射造成用消耗材料費

噴射造成用消耗材料費として、以下に示す消耗材料を計上する。

表-1.7.9 噴射造成用消耗材料 (硬化材1m³当り)

名 称	規 格	単 位	消耗率
GTM スイベル ①	超高压用 MAX 60MPa	組	0.0015
GTM ロッド類 ②	超高压用	m	0.0058
GTM モニター ③	ツインノズル 逆止弁付	組	0.0025
超高压ホース類 ④	硬化材・エア	組	0.0003
エアーノズル ⑤		個	0.02
グラウトノズル ⑥	超高压用 セラミックコート	個	0.01

- (注) 1. 粒径φ75mm以上の礫を含む場合や、φ2～φ75mmの礫分を多く含む場合には、試験施工等に基づき別途算定する。

(8) 清水プレカット用消耗材料費

清水プレカット工を併用する場合は、清水噴射用消耗材料費として、噴射造成用消耗材料費の30%を清水プレカット噴射量に乗じて計上する。

(9) 硬化材料使用量

改良体1本あたりに必要な硬化材量は、次式を標準とする。

$$Q = \Sigma h \times Vt \times qc \times (1 + kg)$$

ただし、Q : 硬化材総使用量 (m³)

Σh : 改良体造成長 (m) 、ただしラップ長・先端余裕長を含む。

Vt : 標準造成速度 (7～9分/m) ; 表-1.4.1, 表-1.4.2を参照。

qc : 硬化材噴射量 (0.17m³/分)

kg : 補正係数は、kg=0.08を標準とする。

(注) 1. 混和剤は、アルキルアリルスルホン剤塩類を主成分とする高圧噴射用の混和剤 (GTM-30) を使用する。

2. 施工条件及び土質条件によって硬化遅延剤等を適宜選択するのがよい。

3. 腐食土を多量に含む地盤のように改良体の品質に影響を及ぼすことが懸念される場合には、事前に現地土を用いた配合試験を実施する必要がある。

(10) 諸雑費

諸雑費は、造成機用足場材の設置・撤去に要する費用、空気圧縮機の賃料および運転経費、セメントサイロ・水中ポンプ・サンドポンプ・水槽・流量計の賃料および運転経費、超高压ポンプ用以外の発動発電機の賃料および運転経費等の費用であり、労務費と油圧削孔造成機・超高压ポンプの損料・運転経費の合計額に、次表の率を乗じた金額を上限として計上する。

表-1.7.10 諸雑费率 (%)

諸 雑 費 率	25
---------	----

(注) 1. 河川敷等で仮設足場が必要な場合は、別途計上する。

2. 排泥・残土処理費は、諸雑費の対象としない。

1.7.2 排泥処理工

改良体造成に伴う排泥量は、次式により算出する。

$$GV = V1 + V2 + V3 + V4$$

ただし、GV : 改良体造成に伴う排泥量 (m³)

①削孔による排泥量 : V1 (m³)

$$V1 = \Sigma T2 \times q1 \times (1 + r)$$

ただし、T2 : 純削孔時間 (分)

q1 : 削孔時ポンプ吐出量 (0.07m³)

r : 排泥率 0.2

②清水噴射 (プレカット) による排泥量 : V2 (m³)

$$V2 = \Sigma T4 \times q2 \times (1 + r)$$

ただし、T4 : 清水噴射時間 (分)

q2 : 清水プレカット時ポンプ吐出量 (0.18m³)

r : 排泥率 0.2

③硬化材噴射による排泥量 : V3 (m³)

$$V3 = \Sigma T6 \times q3 \times (1 + r)$$

ただし、T6 : 造成噴射時間 (分)

q3 : 造成噴射時ポンプ吐出量 (0.17m³)

r : 増加率 砂質土:0.1、粘性土:0.3、粘性土を一部でも含む場合は0.3とする。

④プラント洗浄による排泥量: V4 (m³)

V4 = 造成延べ日数×2.0m³/日

(注) 1. 排泥処理費は現場条件および処理方法により、排泥運搬車や排泥吸排車の使用および減量化・有効利用・再利用プラントの利用を考慮すると共に、処分費の必要性なども検討する。

1.7.3 プラントの設置・撤去

(1) プラントの設置・撤去費

標準的な施工ヤード(プラント)の設置・撤去は、現場据付・整備3日、現場解体撤去2日の計5日を標準とする。

表-1.7.11 プラントの設置・撤去費

職 種	単位	数量	摘 要
世話役	人	5.0	作業員の統括、作業管理等
特殊作業員	人	10.0	トラッククレーンの操作・配線作業等
普通作業員	人	15.0	運搬設置・手元作業等
移動式クレーン	台	5	25ton 吊
クレーン付トラック	台	5	2.9ton 吊
仮設材料費	式	1	上記費用の10%

(2) プラント移動据付費

プラントを中心として約50mが標準的な作業半径である。それを越える場合にはプラントの移動据付を行う。移動据付所要日数は2日を標準とする。標準的な移動式クレーン・クレーン付きトラックが使用できない場合には、現場条件に応じて計上する。

1.7.4 機械等運搬費

機械等運搬費には機械器具の搬入出におけるトラック輸送、積み込み、積み下ろしに必要な費用を計上する。表-1.7.12に機械等の運搬車輛台数例を示す。

表-1.7.12 機械等運搬車輛台数例(参考資料)

名 称	規 格	数 量	備 考
削孔造成機運搬 SM-103HD	10t 積	2台(1台×2回)	運搬費に計上
削孔造成機運搬 SM-400・401	15t 積	2台(1台×2回)	〃
自動プラント・発電機運搬	15t 積	2台(2台×2回)	〃
超高压ポンプ・発電機運搬	15t 積	2台(1台×2回)	発電機 400KVA
プラント資機材運搬	4t 積	2台(2台×2回)	運搬費に計上
可搬式空気圧縮機	10t 積	2台(1台×2回)	〃
ツールズ運搬	4t 積	2台(1台×2回)	運搬費に計上
貯水タンク・ポンプ運搬	10t 積	2台(1台×2回)	運搬費に計上
小口運搬	標準4t 積		必要に応じて計上

※超高压ポンプは最大吐出圧力44.1Mpa 理論吐出量160L/minの機材を想定。車載プラント使用の際は、別途検討。

1.8 特許料

GTM工法および装置の特許使用料は、GTMモニター本体価格に含むため、別途計上しない。

特許第2739641号（地盤改良工法）

特許第2923758号（高圧噴射攪拌工法）

特許第36948849号（高圧噴射攪拌工法）

1.9 単価表

(1) GTM工法 内訳表

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
改良体造成工		本		内訳表(1)
排 泥 処 理 工		m ³		別途算定
プラント設置撤去		式		内訳表(2)
測 定 調 査 費	六価クロム溶出強度試験等	式		別途算定
運 搬 費		式		別途算定
計				
直 接 工 事 費				

(2) 改良体造成工杭 10本当り内訳表 (1)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
世 話 役		人	$(10 \times T_c) \times \text{編成人員} / T$ T : 作業時間 (6.7h/日)	表-1.7.2
特 殊 作 業 員		人	$(10 \times T_c) \times \text{編成人員} / T$ T : 作業時間 (6.7h/日)	〃
普 通 作 業 員		人	$(10 \times T_c) \times \text{編成人員} / T$ T : 作業時間 (6.7h/日)	〃
削孔用消耗材料費	GTM ツール	本	10	単価表(1)
噴射造成用消耗材料費	GTM ツール	m ³		単価表(2)
清水フレカット用消耗材料費	GTM ツール	m ³		単価表(2)
造成材料費	硬化材	m ³		単価表(3)
削孔造成機運転	油圧造成機	日	$(10 \times T_c) / T$ T : 作業時間 (6.7h/日)	単価表(4)
超高压ポンプ運転	40MPa	日	$(10 \times T_c) / T$ T : 作業時間 (6.7h/日)	単価表(5)
セメントスラリープラント	15m ³ /h	日	$(10 \times T_c) / T$ T : 作業時間 (6.7h/日)	
諸 雑 費		式	1	表-1.7.10
計				
1本当り単価				円/本

(3) プラント設置・撤去費 内訳表 (2)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
世 話 役		人	5	表-1.7.11
特 殊 作 業 員		人	10	〃
普 通 作 業 員		人	15	〃
移 動 式 クレーン	25ton 吊	台	5	〃
クレーン付トラック	2.9ton 吊	台	5	〃
仮 設 材 料 費		式	1	〃
計				

(4) 削孔材料損耗費 杭1本当り単価表 (1)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
粘 性 土		m		表-1.7.8
砂 質 土	N \leq 30	m		〃
砂 質 土	N $>$ 30	m		〃
レ キ 質 土		m		〃
計				
削孔1m当り 損耗費		m		円/m

(5) 造成用材料損耗費硬化材 1m³ 当り単価表 (2)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
G T M スイハ ^\circ ル	超高压用	組		表-1.7.9
G T M ロット ^\circ 類	超高压用	m		〃
G T M モニター	ツインズ ^\circ ル	個		〃
超高压ホース類	超高压用	組		〃
エアーノズル		個		〃
グラウトノズル	超高压用	個		〃
計			清水プレカット用消耗材料 は上記の30%を計上	

(6) 造成用硬化材 1 m3 当り単価表 (3)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
セメント	普通 ポルトランド	Kg		バレント 表-1.5.2
混和剤	減水剤 GTM-30	Kg		〃
諸 雑 費		式	混和剤費×25%	
計				
1m3 当り単価				円/m3

(7) 削孔造成機運転 1日当り単価表 (4)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
削 孔 造 成 機	SM103HD 級 41.6Kw	日		表-1.7.1
軽 油		L	機関出力(kw)×燃料消費率 ×作業時間×効率(0.8)	
諸 雑 費	油脂類	式	軽油費×25%	
計				
1日当り単価				円/日

(8) 超高压ポンプ運転 1日当り単価表 (5)

名 称	規 格	単 位	数 量	摘 要
超 高 圧 ポ ン プ	吐出圧力 40MPa	日		表-1.7.1
発 電 機	400KVA	日		
軽 油		L	機関出力×燃料消費率× 作業時間×効率(0.8)	
諸 雑 費	油脂類	式	軽油費×25%	
計				
1日当り単価				円/日

1.10 積算例

1.10.1 施工条件

推進管の発進・到達防護工

①造成仕様

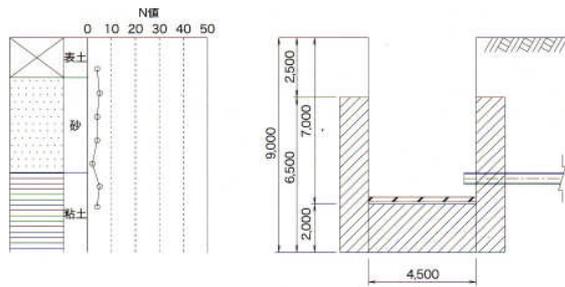
- φ1800mm、L=6.5m/本×24本
- 清水ブレード;3分/m、造成7分/m
- 基準強度 $q_u=1000\text{kN/m}^2$

②施工条件

- 空頭制限なし、狭隘・近接施工箇所
- 削孔造成機;SM103HD(マスト7.8m)
- プラント設備の移動なし

③地盤条件等

- 空堀部=0.5m、土被り部=2.0m;砂質土
- 砂質土:L=3m($N \leq 10$)、粘性土:L=3.5m($N \leq 5$)



発進・到達防護工の概要図

1.10.2 施工歩掛

(1) 改良体造成歩掛

項目	記号	単位	数量	摘要	備考	
準備時間	Gt1	分	20	20分/本	機械移動・段取り	
G t2	空堀部挿入時間	T1	分	0.5	1分/m	空堀部長さ=0.5m
	削孔時間	T2-1	分	20	砂質4分/m	土被り含み5m
	削孔時間	T2-2	分	12	粘性3分/m	余堀0.5m含み4m
	建込み時間	T3	分	18	2分/m	削孔長9m×2分/m
G t3	清水噴射時間	T4	分	12	3分/m	粘性土4mブレード
	準備切替時間	T5	分	5	5分/回	清水ブレード準備
G t4	造成噴射時間	T6	分	45.5	7分/m	造成長=6.5m 噴射量=0.17×7×6.5
G t5	ロッド引上時間	T8	分	2	1分/m	L2:土被り部2m
	ロッド切離時間	T9	分	18	10分/回	削孔長9m×2分/m
造成時間小計	ΣT	分	133			
$Gt2 = \Sigma T \times (1 + \Sigma f)$	Gt2	分	139.65	近接施工	補正 $\Sigma f = 0.05$	
改良体造成時間	Tc	分	159.65		$TC = Gt1 + Gt2$	
1日当り作業時間	T	分	402	6.7時間/日		
1日当り施工本数	N	本	2.518	T/Tc	本/日	
1日当り造成長	L	m	16.367	6.5m×N		
改良体1本当り 清水フレカット噴射量	VW	m ³	2.16		0.18m ³ /分×3分/m× 4m=2.16m ³	
改良体1本当り 噴射造成長	VC	m ³	7.735		0.17m ³ /分×7分/m× 6.5m=7.735m ³	
改良体1本当り 硬化材量	V	m ³	8.354	Σh=6.5m	VC×1.08	
排泥処理量 (全体処理量)	GV	m ³	390.064	V1=64.512m ³ , V2=Vw×24本×1.2, V3=Vc×1.3, V3=11日×2m ³ /日		

1.10.3 積算内訳

(1) GTM工法 内訳表

名 称	規 格	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
改良体造成工	φ1.8m	本	24			内訳表(1)
排泥処理工		m ³	390			別途算定
プラント設置撤去		式	1			内訳表(2)
測定調査費	六価カド溶出 強度試験等	式	1			別途算定
運 搬 費		式	1			参考 内訳表(3)
計						
直接工事費						

(2) 改良体造成工杭 10本当り内訳表 (1)

名 称	規 格	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
世 話 役		人	3.971		*	$1 \times 10 \times T_c / T$
特殊作業員		人	11.914		*	$3 \times 10 \times T_c / T$
普通作業員		人	11.914		*	$3 \times 10 \times T_c / T$
削孔用消耗材料費	GTM ツール	本	10			単価表(1)
噴射造成用 消耗材料費	GTM ツール	m ³	77.35			単価表(2)
清水フレカット用 消耗材料費	GTM ツール	m ³	21.60			単価表(2)
造成材料費	硬化材	m ³	83.54			単価表(3)
削孔造成機運転		日	3.971		*	$1 \times 10 \times T_c / T$
超高压ポンプ運転	40MPa	日	3.971		*	$1 \times 10 \times T_c / T$
セメント スラリープラント	24m ³ /h	日	3.971			$1 \times 10 \times T_c / T$
諸 雑 費		式	1			表-1.7.10 $\Sigma * \times 0.25$
計						
1本当り単価						円/本

(3) プラント設置・撤去費 内訳表 (2)

名 称	規 格	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
世 話 役		人	5			表-1.7.11
特 殊 作 業 員		人	10			〃
普 通 作 業 員		人	10			〃
移 動 式 クレーン	25ton 吊	台	5			〃
クレーン付トラック	2.9ton 吊	台	5			〃
仮 設 材 料 費		式	1			上記費用の 10%を計上
計						

(4) 削孔材料損耗費 杭1本当り単価表 (1)

名 称	規 格	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
粘 性 土		m	4			表-1.7.8
砂 質 土	N \leq 30	m	5			〃
砂 質 土	N $>$ 30	m	-			〃
レ キ 質 土		m	-			〃
計						円/本
削孔1m当り 損耗費		m	9			円/m

(5) 造成用材料損耗費硬化材 1m³ 当り単価表 (2)

名 称	規 格	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
G T M スイハベル	超高压用	組	0.0015			表-1.7.9
G T M ロット類	超高压用	m	0.0058			〃
G T M モニター	ツインズル	個	0.0025			〃
超高压ホース類	硬化材・エア	組	0.0003			〃
エアーノズル		個	0.0200			〃
グラウトノズル	超高压用	個	0.0100			〃
計						
造成1m ³ 当り 損耗費						円/m ³
	清水プレカット用消耗材料は上記の30%を計上する					円/m ³

(6) 造成用硬化材 1m³ 当り単価表 (3)

名 称	規 格	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
セメント	普通 ポルトランド	kg	860			パレット 表-1.5.2
混和剤	減水剤 GTM-30	kg	12.9			860*0.015
諸雑費		式	1			混和剤費× 25%
計						
1m ³ 当り単価						円/m ³

(7) 削孔造成機運転 1日当り単価表 (4)

名 称	規 格	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
削孔造成機	SM103HD級 41.6Kw	日	1.0			表-1.7.1
軽油	パト給油	L	33.669			41.6kw*0.151* 6.7*0.8
諸雑費	油脂類	式	1			軽油費×25%
計						
1日当り単価						円/日

(8) 超高压ポンプ運転 1日当り単価表 (5)

名 称	規 格	単 位	数 量	単 価	金 額	摘 要
超高压ポンプ	吐出圧力 40MPa	日	1.0			表-1.7.1
発電機	400KVA	日	1.0			
軽油	パト給油	L	318.92			350kw*0.17* 6.7*0.8
諸雑費	油脂類	式	1			軽油費×25%
計						
1日当り単価						円/日

NIJ 研究会会員名簿

■正会員

株式会社親和テクノ

〒857-0401 長崎県佐世保市小佐々町黒石 339-77 TEL. 0956-41-3001 FAX. 0956-41-3002

極東興和株式会社

〒114-0023 東京都北区滝野川 7-2-13 TEL. 03-5974-5150 FAX. 03-5974-5155

タチバナ工業株式会社

〒760-0036 香川県高松市城東町 1-6-18 TEL. 087-851-6848 FAX. 087-851-2547

成幸利根株式会社

〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-2-10 TEL. 03-5645-3232 FAX. 03-5645-3233

日本基礎技術株式会社

〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷 1-1-12 TEL. 03-5365-2500 FAX. 03-5365-2522

■準会員

小野田ケミコ株式会社

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 3-21 TEL. 03-6386-7030 FAX. 03-6386-7021

株式会社タシマボーリング

〒680-0871 鳥取県鳥取市吉成南町 2-8-15 TEL. 0857-53-1767 FAX. 0857-53-5298

株式会社北信ボーリング

〒389-2253 長野県飯山市大字飯山 5244-9 TEL. 0269-62-1000 FAX. 0269-63-3553

株式会社本久

〒381-8588 長野県長野市桐原 1-3-5 TEL. 026-241-1157 FAX. 026-259-1175

■賛助会員

アールシーアイ株式会社

〒105-0011 東京都港区芝公園 2-4-1 TEL. 03-6402-7570 FAX. 03-6402-7569

有限会社エム・システム

〒134-0083 東京都江戸川区中葛西 7-25-7 TEL. 03-5676-0588 FAX. 03-5676-0895

株式会社ケー・エフ・シー

〒105-0011 東京都港区芝公園 2-4-1 TEL. 03-6402-8256 FAX. 03-6402-8255

新日鐵住金株式会社 鋼管事業部

〒100-8071 東京都千代田区丸の内 2-6-1 TEL. 03-6867-5773 FAX. 03-6867-3570

ソイルメックジャパン株式会社

〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町 3-12 TEL. 03-5643-1271 FAX. 03-3664-6451

テクノドリル株式会社

〒195-0072 東京都町田市金井 3-17-13 TEL. 042-736-6522 FAX. 042-736-6523

日鉄住金精密加工株式会社 中津製造所

〒871-0006 大分県中津市大字東浜 332

TEL. 0979-22-1010 FAX. 0979-22-2492

株式会社樋口技工

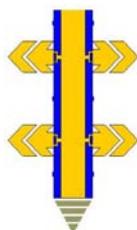
〒133-0061 東京都江戸川区篠崎町 4-13-13

TEL. 03-3679-1100 FAX. 03-3679-1076

三菱マテリアル株式会社 加工事業カンパニー

〒130-0015 東京都墨田区横網 1-6-1

TEL. 03-5819-5263 FAX. 03-5819-5259



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。

本誌は標準的な施工を想定して構成されております。よって、本誌に当てはまらない場合など、ご不明な点は下記の NIJ 研究会までお問い合わせください。

NIJ 研究会 東日本支部事務局 URL <http://www.nij-gr.com>

〒105-0011 東京都港区芝公園 2 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

NIJ 研究会 西日本支部事務局

〒871-0006 大分県中津市大字東浜 332 番地 日鉄住金精密加工(株) 中津製造所内

TEL. 0979-22-1010 FAX. 0979-22-2492