

第5章 施 工

5-1 FSM工法(横行連続式施工法)

5-1-1 施工概要

所定の幅に接続されたフロート上に、横行式攪拌機を取り付け、スラリー状にしたセメント系固化材と軟弱土を連続的に攪拌混合して、ブロック状(板状)の処理地盤を造成する、軟弱地盤の固化処理工法である。

本工法は、横行式攪拌機を連結した複数のフロート上に搭載して処理船とするため、特別に処理機用の足場を必要とせず、トラフィカビリティの確保が難しい浚渫地などの(超)軟弱地盤の固化処理工事を中規模～大規模に行うことができる。

5-1-2 施工方法

1) 施工手順

FSM工法の全体的な施工手順を図5-1に示す。固化処理の一般的な手順は以下のとおりである。

横行式攪拌機は、一定の速度で横行しつつ昇降(昇降速度は1.0m/分を標準とする)しながら、軟弱土と固化材スラリーを攪拌し、所定の幅、深さ、延長の固化処理を連続的に行なうものである。攪拌機の横行速度は、軟弱土中の1地点を、攪拌翼部が4回通過するように設定される。したがって、改良率100%で均一に混練されたブロック状(板状)の固化処理層が完成する。

使用する固化材は、スラリープラントでスラリー化する。所定濃度で製造された固化材スラリーは、グラウトポンプで処理船上のアジテーターまで一次圧送される。一次圧送距離は通常300 m程度であるが(現場条件等で変わることがある)、中継プラントを設置することにより、遠隔地への材料供給が可能である。アジテーターで再攪拌された固化材スラリーは、船上のグラウトポンプにより所定の吐出量で二次圧送され、流量計を通過して攪拌翼にある2カ所の吐出口から吐出されて軟弱土と攪拌混合される。なお、固化材ス



ラリーは貫入・引抜き中常時吐出される。

処理船本体の移動は、陸上に設置したウインチで行なう。1回当たりの移動幅は、固化処理土の接合性を考慮し、10 cmラップさせ2.6 m(攪拌翼径1.4mの場合)とする。また、大型ウインチを使用するため、700～1000 m程度離れた遠隔地からの移動が可能である。

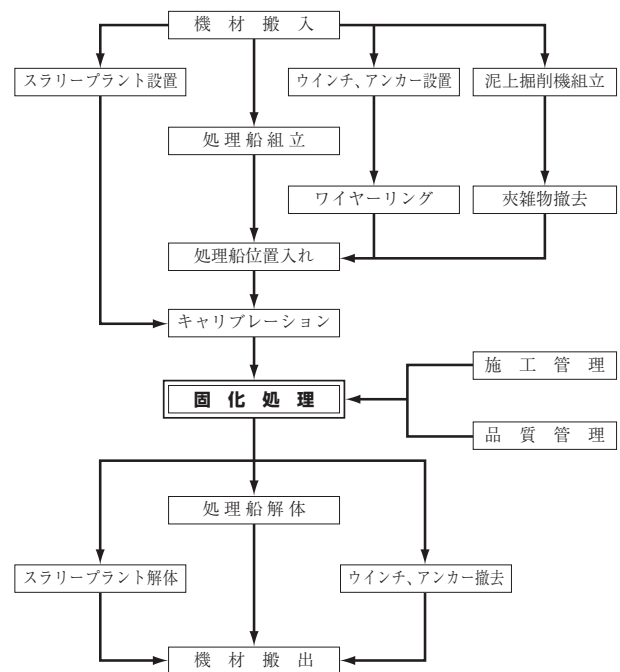


図5-1 横行連続式施工フロー

2) 固化処理法

固化処理の一般的な手順は以下のとおりである。

- ① スラリープラントにおいて、所定濃度で製造された固化材スラリーを、グラウトポンプで処理船上のアジテーターまで一次圧送する。
- ② 船上アジテーターにおいて、再攪拌・貯留されたスラリーは、グラウトポンプによって所定の吐出量で二次圧送され、流量計を通り攪拌翼にある2ヵ所の吐出口から軟弱土中に吐出される。
- ③ 攪拌翼は、所定の速度で昇降と回転を繰り返しながら、「4回混練り」が確保できる一定速度で横行し、スラリーと軟弱土を強制的に攪拌する。
- ④ 攪拌機が横行できる処理幅(1スパン)の固化処理を終了する。
- ⑤ 処理船後方の陸上部に設置された移動用ウインチを操作し、処理船を次の施工スパンまで2.6 m移動し固定する。
- ⑥ 移動終了後、上記①～⑤の手順を繰り返す。移動距離は、基準杭からのテーピングあるいは光波距離計により測量する。なお、1列の施工が終了し、隣接する施工列(レーン)に移動する際にはアンカーの移設等を含めて数日必要となる。施工概念図を図5-2に、また施工模式図を図5-3に示す。

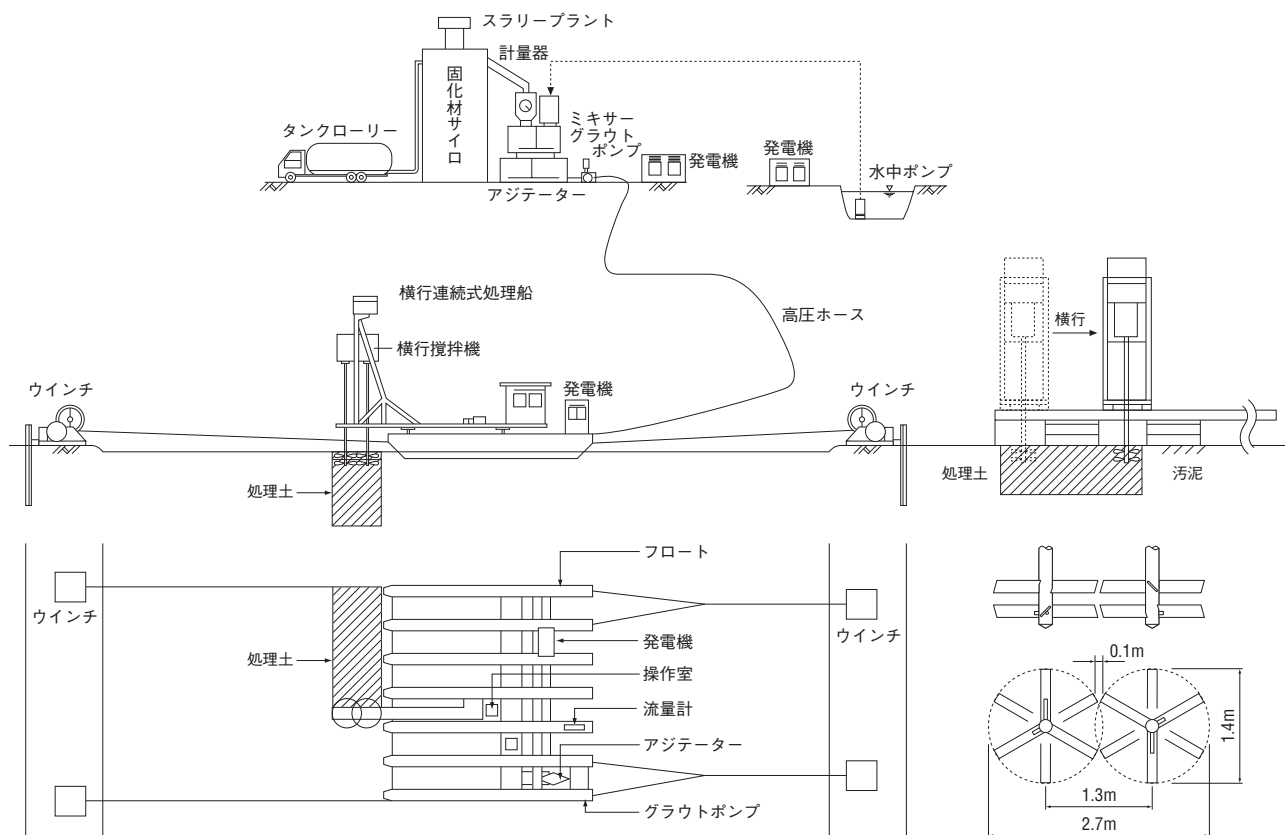
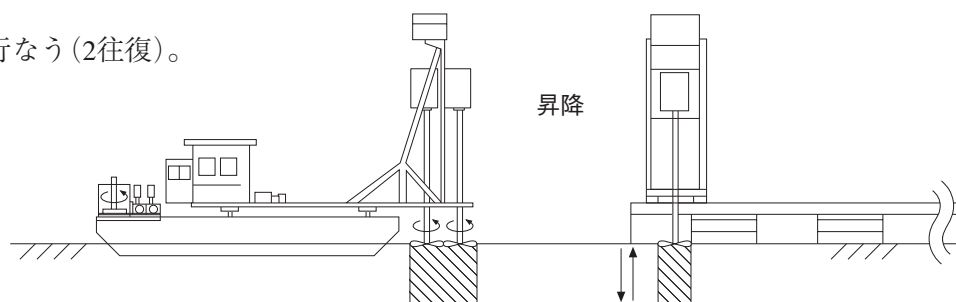
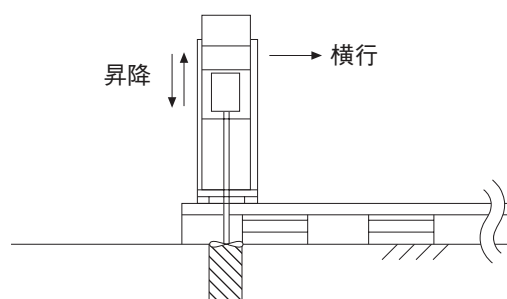


図5-2 横行連続式施工概念図

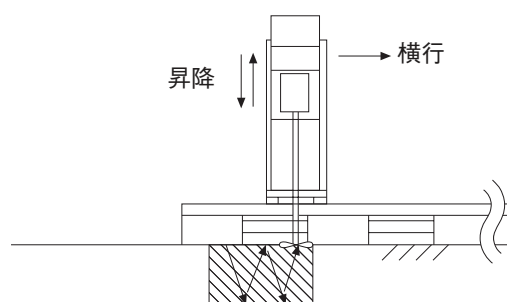
① 端部の垂直昇降を行なう(2往復)。



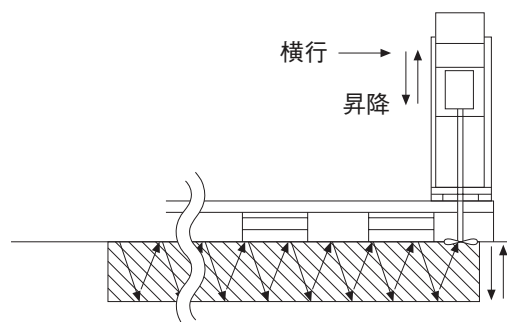
② 横行を開始する。



③ 横行連続施工を行なう。



④ 所定幅横行完了後、端部の垂直昇降を行なう(2往復)。



⑤ 攪拌翼を引き上げ、処理船を2.6m移動する。

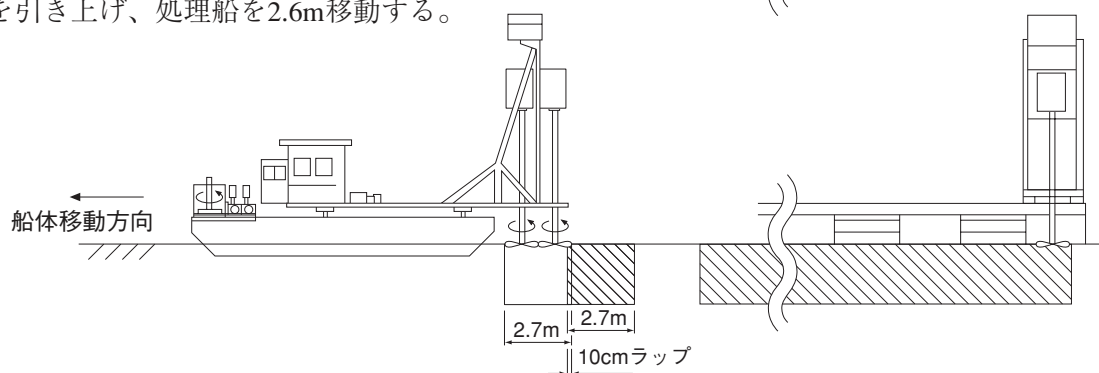
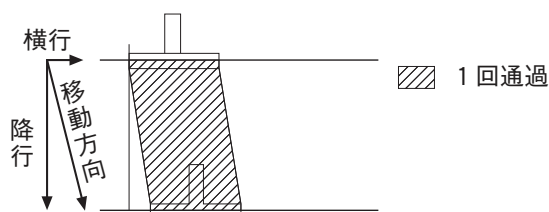


図5-3 施工模式図

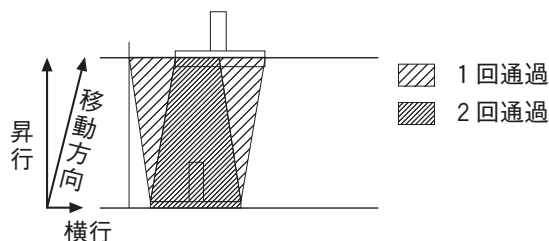
3) 攪拌混合の原理

攪拌機が一定速度で、昇降(攪拌翼の上下動作)、横行(攪拌翼の横移動)を行うことで、軟弱土と固化材スラリーを攪拌混合するため、昇降速度と横行速度の不具合による「攪拌ムラ」が発生する恐れがある。このため、図5-4に示すように攪拌翼部が軟弱土中の1地点を4回通過するように、横行速度を設定する。なお、横行始点および横行終点では混合回数が少なくなるので、垂直昇降をそれぞれ2往復ずつ行なう。

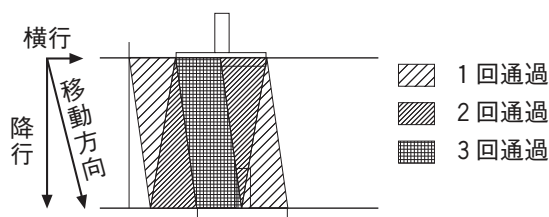
① 1回目攪拌混合



② 2回目攪拌混合



③ 3回目攪拌混合



④ 4回目攪拌混合

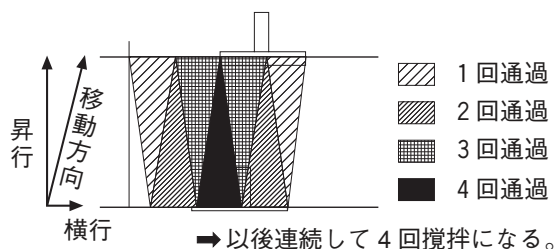


図5-4 4回混合の模式図

4) 横行速度の計算例

① 1スパン当りの昇降回数：n

$$n = n_1 + n_2$$

$$n_1 = L_2 \div \phi \times N$$

$$n_2 = 2 \times N$$

n_1 : 横行部の昇降回数

n_2 : 両端部の昇降回数

L_1 : 1スパン幅 40.0m

L_2 : 横行幅 = $L_1 - \phi$
 $= 40.0 - 1.4 = 38.6\text{m}$

ϕ : 攪拌翼径 1.4m

N : 練り回数 4回

$$n_1 = 38.6 \div 1.4 \times 4 = 112\text{回}$$

($38.6 \div 1.4 = 27.571$ となるが、混合精度を考慮して切上げ整数の28回とする。)

$$n_2 = 2 \times 4 = 8\text{回}$$

$$n = 112 + 8 = 120\text{回}$$

② 1スパン当りの昇降時間：T

$$T = \ell \times n \div V$$

ℓ : 処理厚さ : 3.0m

V : 昇降速度 : 1.0m/分

$$T = 3.0 \times 120 \div 1.0 = 360\text{分}$$

(横行部の昇降時間は $3.0 \times 112 \div 1.0 = 336\text{分}$ となる。)

③ 4回練り完了後の横移動長：Lh

$$L_h = L_2 \div n_1 \times N$$

$$= 38.6 \div 112 \times 4 = 1.38\text{m}$$

よって、 $\phi = 1.4\text{m} > L_h = 1.38\text{m}$ となつて、4回混合が行なわれることになる。

④ 4回練り横行移動所要時間：t

$$t = \ell \div V \times N$$

$$= 3.0 \div 1.0 \times 4 = 12\text{分}$$

⑤ 横行速度：Vh

$$V_h = L_h \div t$$

$$= 1.38 \div 12\text{分} = 0.115\text{m/分}$$

5-1-3 出来形検収

1スパンの標準的な出来形は、図5-5に示した塗りつぶし部の投影面積とする。したがって、実処理土量は1スパンの投影面積×スパン数×処理深度で求められる。

広範囲を処理する場合、一般にレーンとレーン

の接続は図5-6の a)、 b) のように接円施工とする。未改良部を少なくするには、図5-6の c)、 d) のように各レーンをラップさせる施工法もあるが、この場合はラップ時間の問題もあって各レーンごとに処理船を用意し、処理船を並列施工させる必要がある。

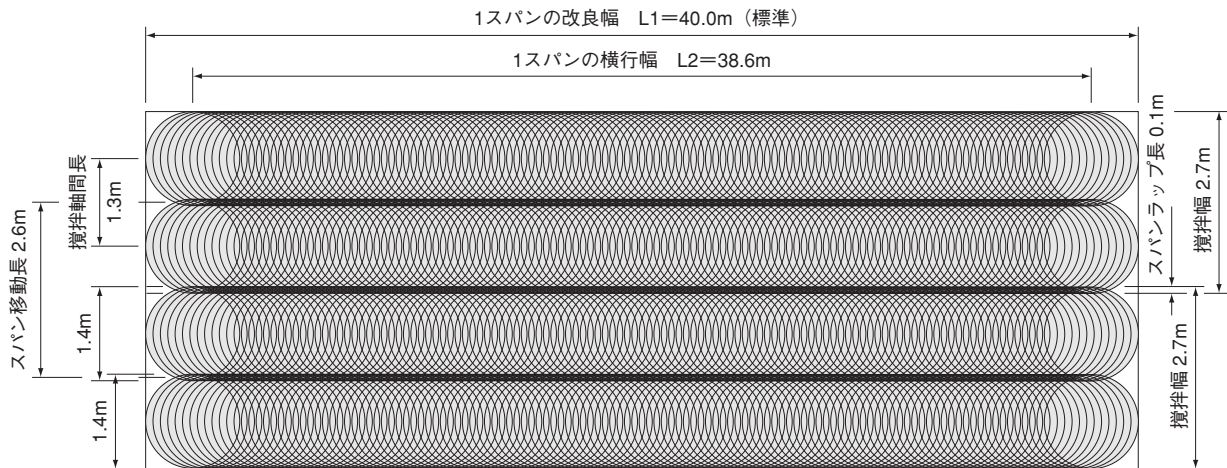
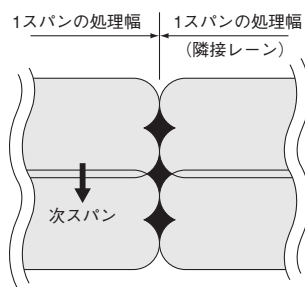


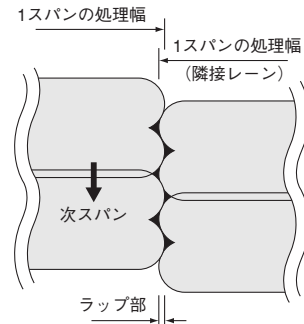
図5-5 出来形平面図

一般的な施工法

a) 同列移動接円形

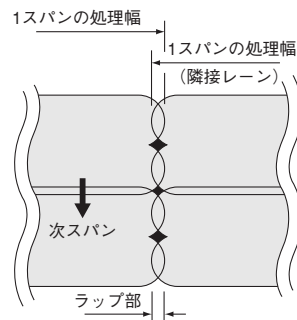


b) 段差移動接円形

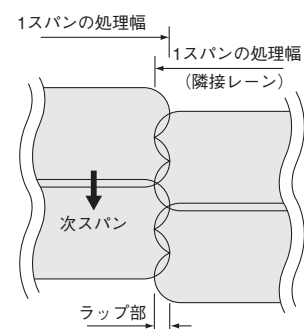


ラップ施工法

c) 同列移動ラップ形



d) 段差移動ラップ形



■ 未処理部

図5-6 接合部方法別施工出来形平面図

5-1-4 使用機械

使用する主な機械を表5-1に示す。また、図5-7に処理船を例示する。

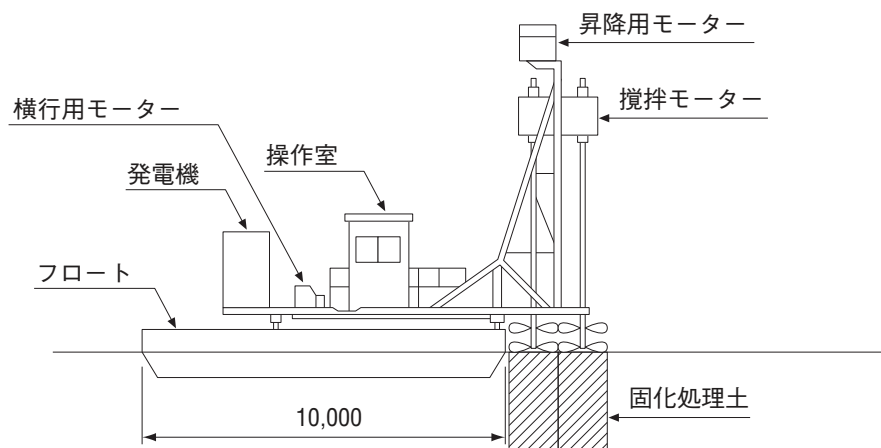
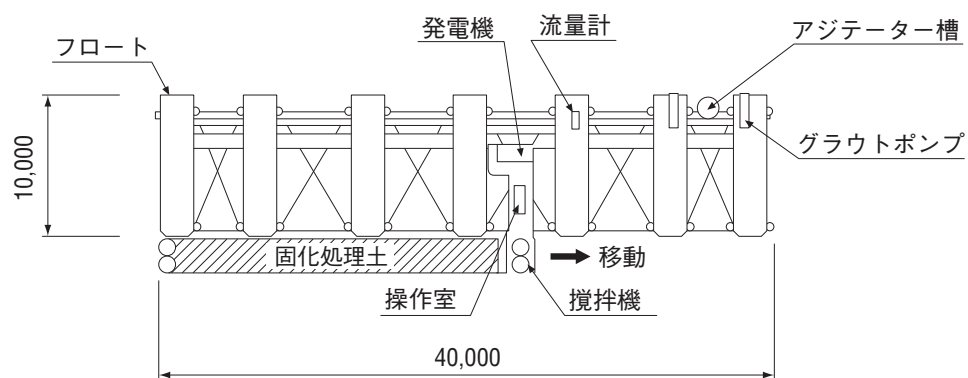
表5-1 使用機械一覧表

	機 械 名	数 量	単 位	構 造 形 式
処 理 船	(1) 攪 拌 機	1	連	$\phi 1,400 \times 2$ 軸(標準)
	攪 拌 装 置	1	式	攪拌トルク 2750 Nm/50 rpm、 $\ell=3\sim 5$ m、4220Nm/33.3 rpm
	昇 降 装 置	1	式	昇降力 max.5.5 t
	横 行 装 置	1	式	0.75 kW
	(2) グラウトポンプ	2	台	250 ℓ /分 *
	(3) 管理記録計	1	セット	流量積算記録
	(4) 船体装置			フロート梁連結式
	フ ロ ー ト	7	隻	10 $\times$ 2.25 $\times$ 1.2 m *
	接 合 梁	12	本	$\phi 400$ mm *
	横行用 レール	1	セット	H - 300 45 m $\times$ 2本 *
	(5) アジテーター槽	1	台	3 m ³
プ ラ ン ト	(1) スラリープラント	1	台	20 m ³ /h
	(2) 固化材サイロ	2	基	30 t
	(3) スクリューコンベアー	2	基	20 t/h *
	(4) グラウトポンプ	1	台	300 $\sim$ 500 ℓ /分
牽 引 装 置	(1) ウ イ ン チ	4	台	10 t 引 可変速付
	(2) ワイヤロープ	6,000	m	$\phi 22$ mm 1,500 m $\times$ 4
	(3) 滑 車	4	個	スナッチブロック 350 mm ϕ
	(4) ウインチアンカー	4	本	H-300、4箇所
動 力	(1) 発 電 機	1	台	処理船用 125 kVA
	(2) 発 電 機	1	台	プラント用 125 kVA
	(3) 発 電 機	2	台	ウインチ用 35 kVA
付 属 品	(1) 高圧ホース	360	m	$\phi 50$ mm 300 m $\times$ 1.2 *
	(2) 高圧洗浄機	1	台	プラント清掃用 ノズル径1/2インチ
	(3) バイブロハンマー	1	台	ウインチアンカー打設用 (鋼矢板、H鋼)
	(4) 電気溶接機	1	台	250 A ディーゼルエンジン付き
	(5) 水 槽	1	台	10 m ³
	(6) 敷 鉄 板	10	枚	1524 $\times$ 6096 $\times$ 22mm(プラント6枚、ウインチ4枚)
	(7) 泥上掘削機	1	台	92 kW

* 現場条件により変更します。

注) スラリープラントの位置と施工場所が300 m以上ある場合には、中継プラント(アジテーター槽[3m³]、グラウトポンプ[500 ℓ /分]、発電機[45 kVA])が必要となる。

上部駆動方式



下部駆動方式

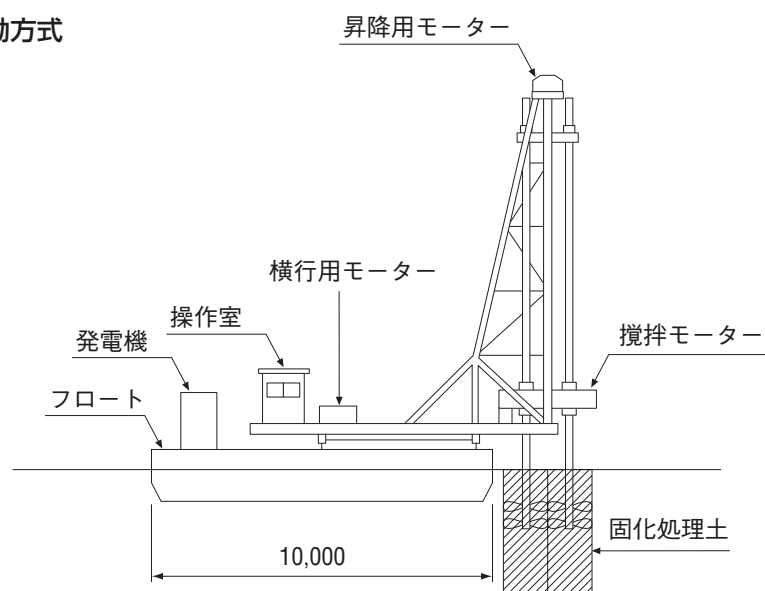


図5-7 横行連続式処理船図

5-1-5 仮設

1) 機材の搬入

処理船・プラントなどの機材は、特別な物を除き、陸上輸送可能な大きさに分解して現地へ搬入する。ただし、施工現場の状況により水上輸送する場合もある。

2) 夾雑物撤去、不陸整正

施工予定地に大型の夾雑物がある場合には、クラムシェルなどで撤去を行なうが、浚渫地などでは、その他に泥上掘削機による不陸整正や夾雑物・地中障害物撤去が必要になる場合が多い。したがって、処理船等の組立に先立って泥上掘削機を搬入し、施工準備に着手することが望ましい。

3) 処理機の組立、解体

処理船はフロート (L=10 m、B=2.25 m、H=1.2

m)を連結梁で連結して任意の幅に組立て、その上に横行移動用のレールを設置し、横行台車、攪拌装置およびその他の必要な機材を乗せたものである。組立には、45t吊りラフテレーンクレーンを使用するため、予め組立ヤードを確保する必要がある。ヤードの広さは、(処理船幅員+10 m×15 m)程度は必要である。組立てられた処理機に安全機具等を取り付け、運転可能な状態にする。組立には8日程度、解体には4日程度を要する。

4) スラリープラントの組立、解体

施工計画に基づいて、設置予定地に機材を搬入し組立てる。機材の設置場所は、固化材搬入に使用するローリー車の走行性と、処理船へのスラリー圧送性を考慮して決定される。プラント用地は、最小10 m×20 m程度が必要である。組立には3日程度、解体には2日程度の日数を要する。図5-8にプラント配置例を示す。

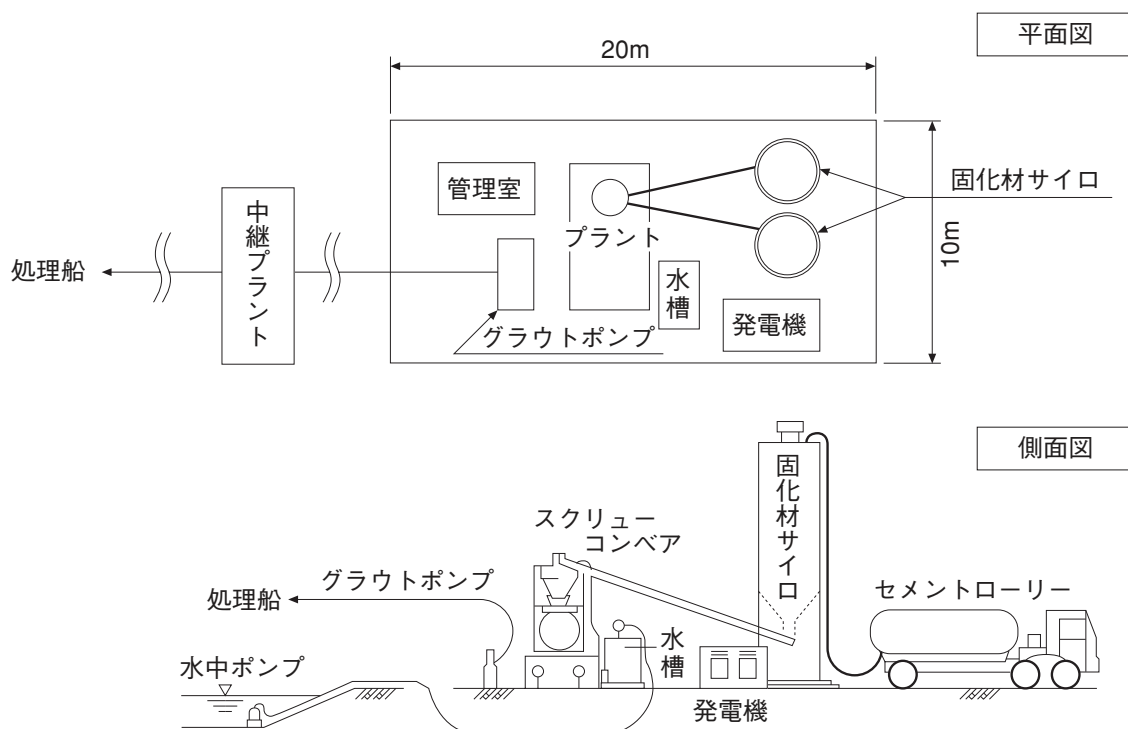


図5-8 プラント配置図

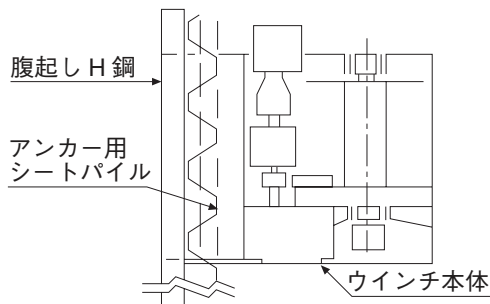
5) ウインチ、アンカーの設置

処理船移動用のウインチは、前引き用と後引き用に各2台ずつ計4台が必要である。ウインチは陸上に設置するが、1台当りに必要な用地は、アンカー用地も含めて4×8 m程度である。広い浚渫地や池などで施工する場合には、処理船と対して設置できるが、水路等を施工するときはそのように設置できないことがある。その場合は別の地点にアンカーおよび滑車を増設して、スムーズに処理船移動ができるようにすることもある。設置には、ウインチ4台で2日、アンカー4基で3日程度の日数を要する。

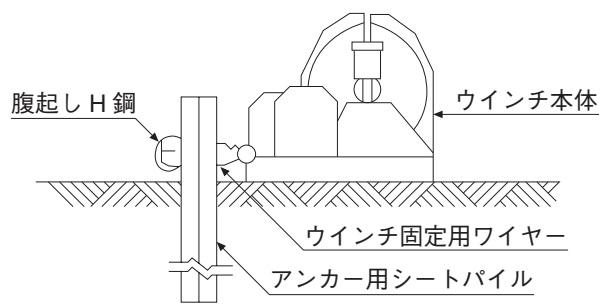
アンカーに使用する鋼矢板もしくはH鋼(300H)はバイブロハンマーを使用して打設する。ウインチとアンカーはワイヤーロープで固定する。ウインチとアンカーの配置は、図5-9のようになる。

6) ワイヤリング

ウインチのワイヤーロープを処理船と連結する作業をワイヤリングといい、組立側は距離が短いため容易にできるが、対岸側は距離が長いことと地盤が軟弱であるために困難なことが多い。一般的には泥上掘削機を使用してワイヤーロープを牽引するが、超軟弱な地盤では泥上掘削機の走行も容易ではないので、かなりの時間を要する。水路の改良では、近接して通行可能な道路等がある場合、バックホウ等でワイヤーロープを牽引でき比較的容易にワイヤリングが可能である。なお、ワイヤリングには3日程度必要である。



平面図



側面図

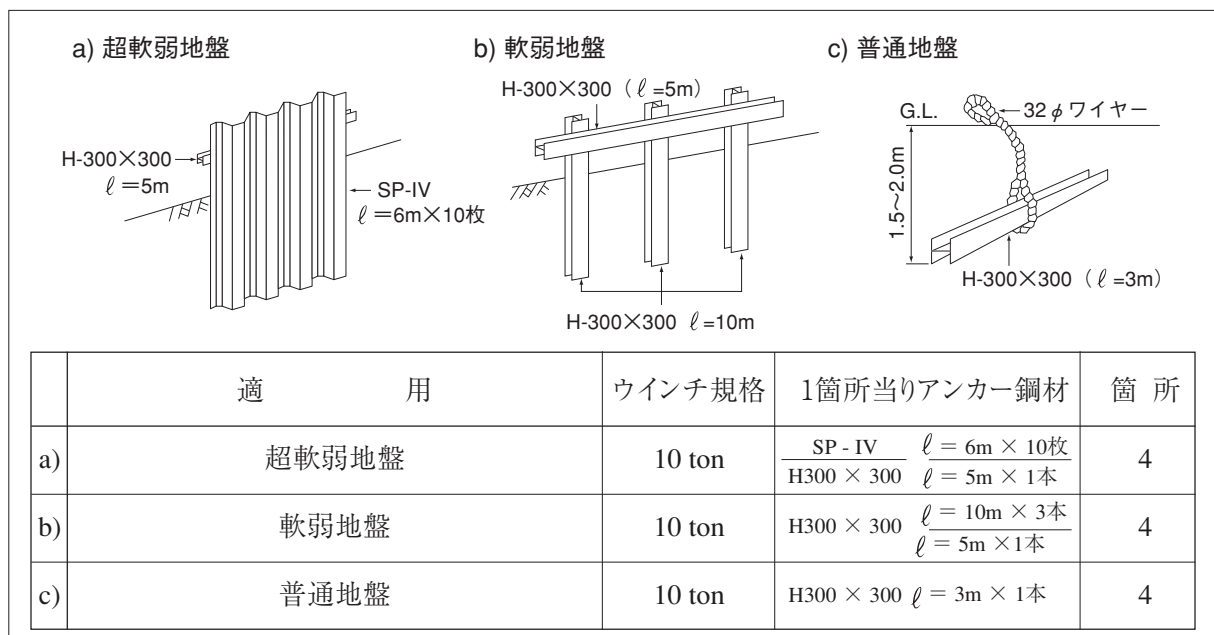


図5-9 ウインチとアンカー配置図

5-2 FVM工法(長尺横行式泥上施工法) FAM工法(長尺横行式水中施工法)

5-2-1 施工概要

所定の幅に接続されたフロートまたは台船上に、長尺横行式攪拌機を取り付け、スラリー状にしたセメント系固化材と軟弱土を鉛直方向に深く攪拌混合して、円柱状の改良体を造成する軟弱地盤の安定処理工法である。

本工法は、長尺横行攪拌機を連結したフロート上または台船上に搭載するため、特別に処理機用の足場盛土を必要とせず、トラフィカビリティの確保が難しい地盤あるいは水上から、比較的深い処理地盤を造成できる。施工規模として中規模～大規模の処理に適する。

また処理船を一度施工位置に固定すると、攪拌機は処理杭を1本打設した後、レール上を横行するだけで次の打設位置に移動できるため、移動時間が短く施工能力が大きい。処理船はフロートタイプで接地圧も小さく、処理機の荷重や打設時の振動などによる地盤の乱れも生じない。

処理杭の配置は、a) 接円格子型、b) 接円千鳥型、c) ラップ型などがある。

長尺横行式施工法は、「泥上施工」と「水中施工」が可能で、設備上(ウインチの能力)および施工上(不陸整正など)に多少の相違点がある。特に、水中施工ではバランスを保つため攪拌機を2連装備する。表5-2に相違点を記載する。



表5-2 泥上施工と水中施工の相違点

設備上の相違点	施工法	処理船、攪拌機	プラント	ウインチ
	泥上施工 (FVM工法)	*フロート連結式 *攪拌機は1連	*1セット(20m ³ /h級) *陸上設置	*ウインチ(10t引) 4台 *アンカー 4基 共に陸上設置
	水中施工 (FAM工法)	*フロート連結式又は台船式 *攪拌機は2連 (船体バランスのため)	*2セット(20m ³ /h級) *陸上または 台船上に設置	*ウインチ(5t引) 4台 処理船上設置 *アンカー 陸上又は水中

施工上の相違点	施工法	準備工	施工	その他
	泥上施工 (FVM工法)	*泥上掘削機による夾雑物撤去・ 不陸整正を行う。	*杭配列の順に打設 する。(打設面の膨上り)	*打設面の膨上りを排 除する場合もある。
	水中施工 (FAM工法)	*クラムシェルによる夾雑物撤去 *不陸整正はできない。	*処理船の移動でどの 杭でも打設できる。 *水位変化に注意	*開水域では汚濁に注 意する。 *水中泥面上部の50 cm程度の強度は期待 できない。

5-2-2 施工方法

1) 施工手順

FVM工法、FAM工法の全体的な施工手順は図5-9に示すとおりである。

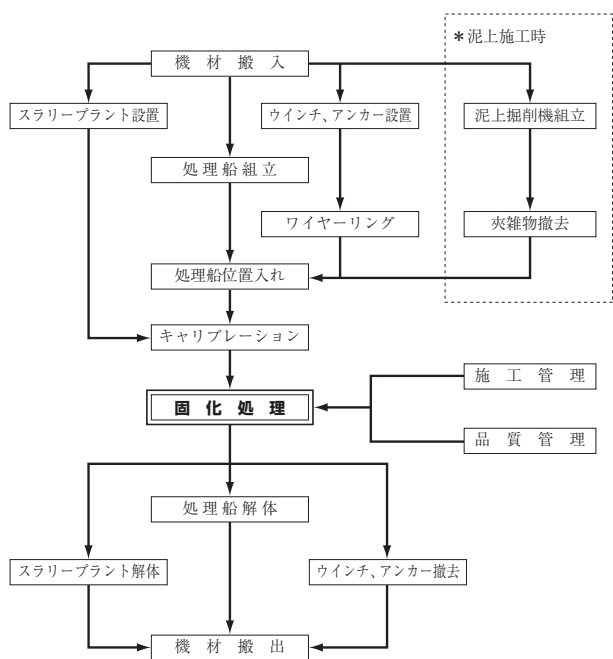


図5-9 長尺横行式施工フロー

2) 固化処理法

長尺横行式施工法は、次の①～⑥の基本作業を順次繰り返すことにより、改良地盤が造成される。

れる(図5-11参照)。

- ① 陸上または処理船上に設置されたウインチを操作し、処理船を所定の位置に固定する。
- ② 攪拌機(1機または2機)を横行移動し、杭打設位置に合わせる。
- ③ 攪拌翼を所定の処理天端高に合わせた後、船上のグラウトポンプを運転し固化材スラリーを吐出させ、軟弱土と攪拌混合しながら所定の処理深度まで貫入する。標準貫入速度は1m/分である。
- ④ 攪拌翼が所定の処理深度まで貫入した後、杭先端処理を行ない(先端処理しない場合もある)、攪拌翼を逆回転させながら引抜きに移る。引抜き速度も1m/分を標準速度としている。スラリーの吐出方法は、往復吐出と片道吐出があるが、現場条件によって選定する。往復吐出の場合、攪拌翼が所定の処理天端高まで上昇した時、グラウトポンプの運転を止めその処理杭1本の打設を終了する。
- ⑤ 攪拌翼を泥面上又は水面上まで上昇させた後、攪拌機を横行移動し次杭の打設位置に合わせる。
- ⑥ ②～⑤の施工手順を繰り返す。所定数の処理杭の打設が終了した後、ウインチを操作して、処理船を次の位置(スパン)まで移動し固定する。
- ⑦ 順次①～⑦を繰り返し、処理杭の打設を行う。

施工模式図および概念図を図5-11、図5-12に示す。なお、攪拌翼形状はFSM工法と同様である。

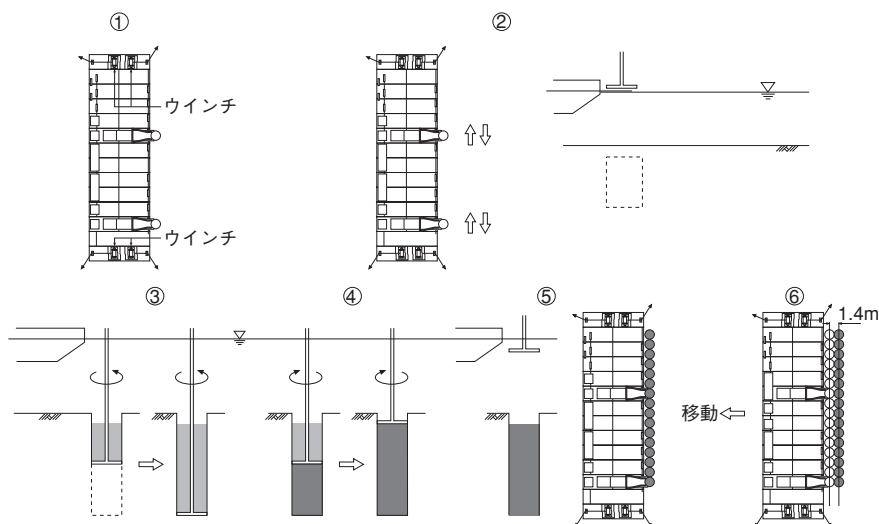


図5-10 施工模式図(例：水中施工)

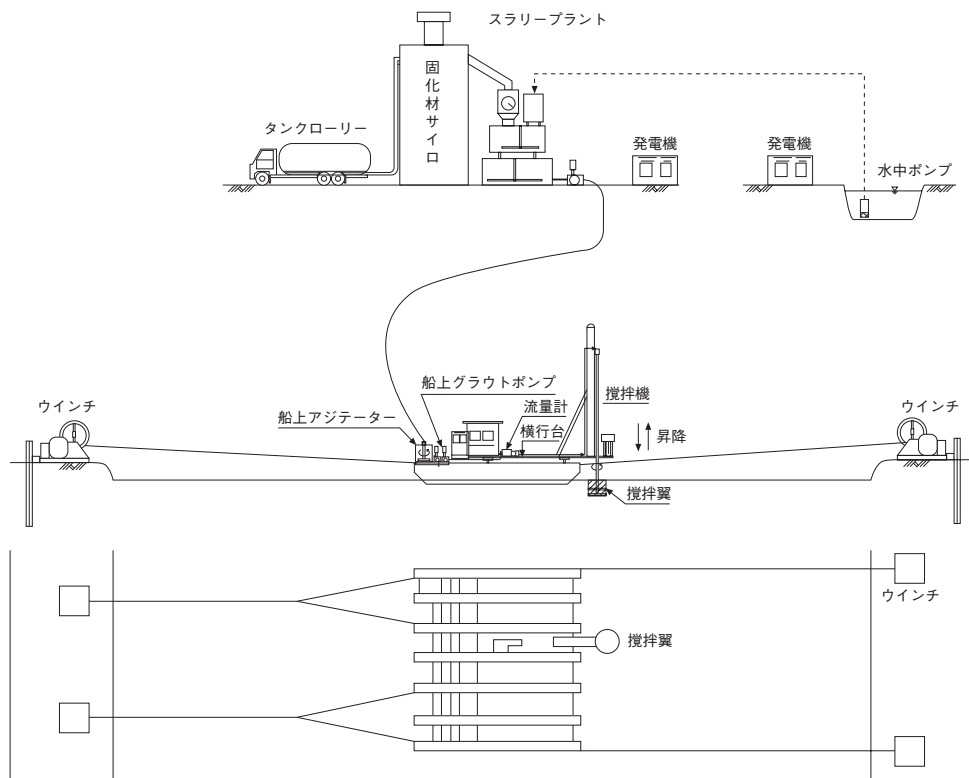


図5-11 FVM工法施工概念図(泥上施工)

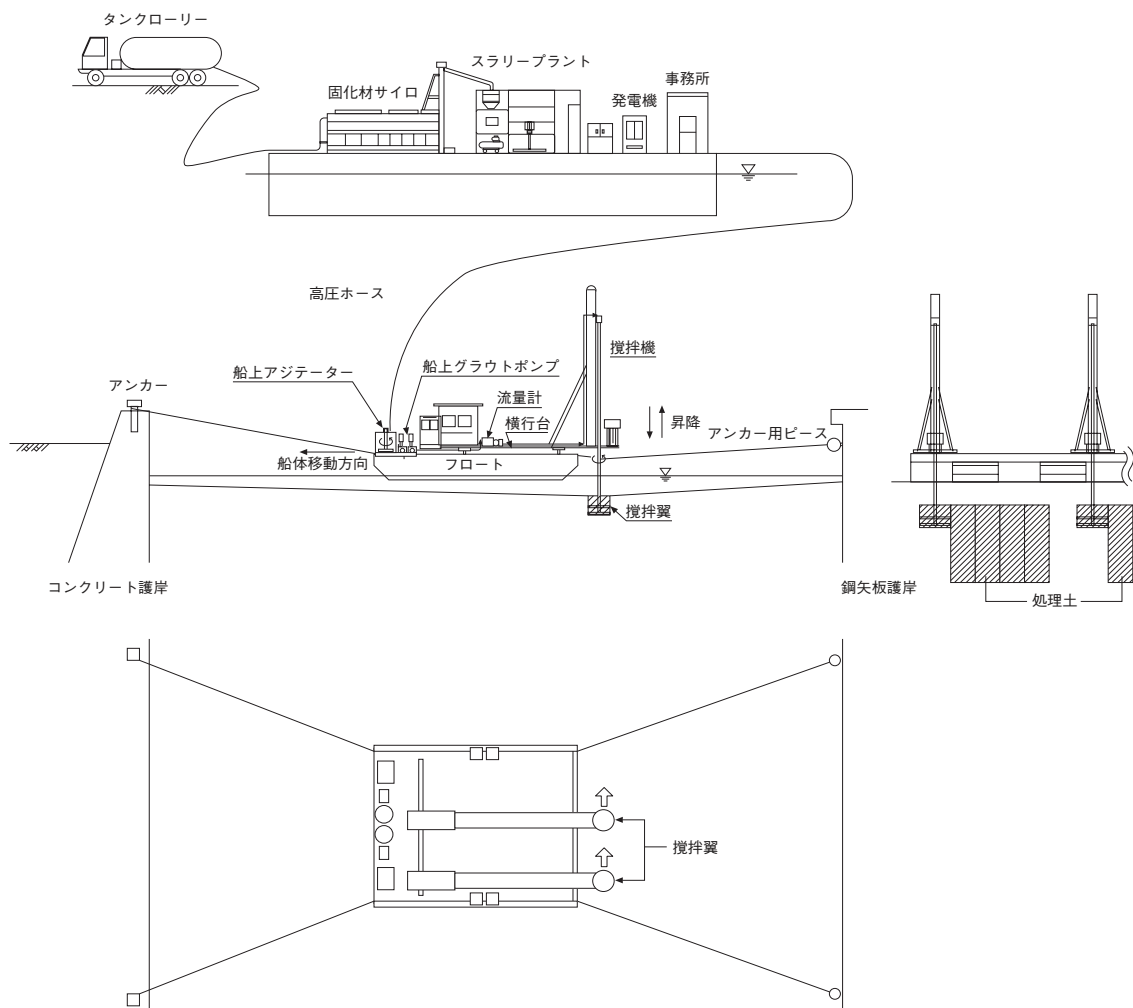


図5-12 FAM工法施工概念図(水中施工)

5-2-3 使用機械

使用する主な機械を表5-3に示す。また、図5-13に処理船を例示する。

表5-3 FVM(FAM) 10m級使用機械一覧表

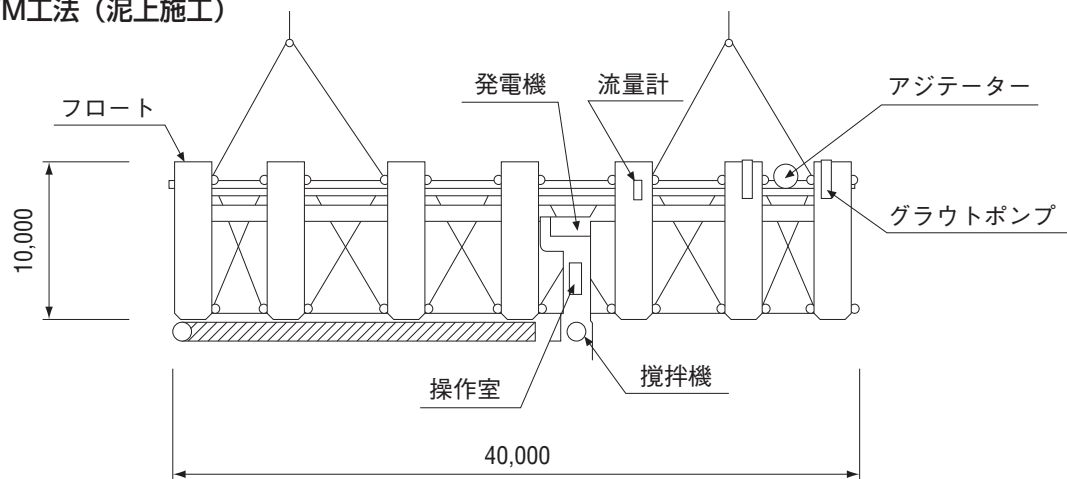
()はFAM工法の場合

機 械 名		数 量		単位	構 造 形 式
		FVM	FAM		
長尺処理機	(1) 攪拌機	1	2	連	φ800～1,400、ℓ=8～10m、単軸
	攪拌装置	1	2	式	攪拌トルク5690Nm/50rpm、8530Nm/33.3rpm
	昇降装置	1	2	式	昇降力6.3t
	横行装置	1	2	式	1.5kw/ℓ
	(2) グラウトポンプ	1	2	台	250ℓ/分 *
	(3) 管理記録計	1	2	セット	流量積算記録、深度記録
	(4) 船体装置				フロート梁連結式 (フロート直結式)
	船 体	7	14	隻	10×2.25×1.2m *
	横行用レール	1	1	セット	H-300 35m×2本 *
	(5) アジテーター槽	1	2	台	3m ³
プラント	(6) 水中固化用蓋	—	2	個	(底泥飛散防止用)
	(1) スラリープラント	1	2	台	20m ³ /h
	(2) 固化材サイロ	2	4	基	30t
	(3) スクリューコンベア	2	4	基	20t/h *
牽引装置	(4) グラウトポンプ	1	2	台	300～500ℓ/分
	(1) ウインチ	4	4	台	10t引 可変速付 (5t引)
	(2) ワイヤロープ	6,000	2,000	m	φ22mm 1,500m×4 (φ18mm 500m×4)
	(3) 滑 車	4	—	個	スナッチブロック φ350mm
動力	(4) ウインチアンカー	4	—	本	H-300 4箇所
	(1) 発電機	1	2	台	処理船用 125kvA
	(2) 発電機	1	2	台	プラント用 125kvA
	(3) 発電機	2		台	ウインチ用 35kvA
付属品	(1) 高圧ホース	360	720	m	φ50mm 300m×1.2 (300m×1.2×2) *
	(2) 高圧洗浄機	1	2	台	プラント清掃用 ノズル径1/2インチ
	(3) バイブロハンマー	1	—	台	ウインチアンカー打設用 (鋼矢板、H鋼)
	(4) 電気溶接機	1	1	台	250A デイゼルエンジン付き
	(5) 水 槽	1	—	槽	10m ³
	(6) 敷鉄板	10	16	枚	1,524×6,096×22 プラント6枚(6×2=12枚)、ウインチ4枚
	(7) アンカー用ピース	—	10	個	(護岸取付用) *
	(8) 交通船	—	1	隻	(30PS)
	(9) 泥上掘削機	1	—	台	92kw

* 現場条件により変更します。

注) スラリープラントの位置と施工場所が300m以上離れている場合には、中継プラント(アジテーター槽[3m³]、グラウトポンプ[500ℓ/分]、発電機[45kvA])が必要となる。尚、FVM(FAM)20m級の場合は攪拌機の構造形式等が多少異なる。

FVM工法（泥上施工）



FAM工法（水中施工）

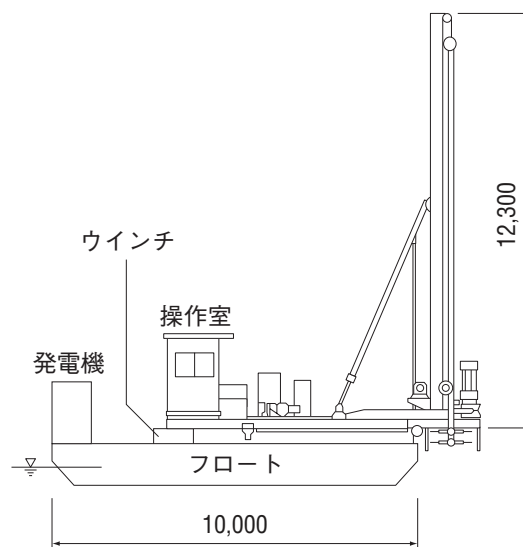
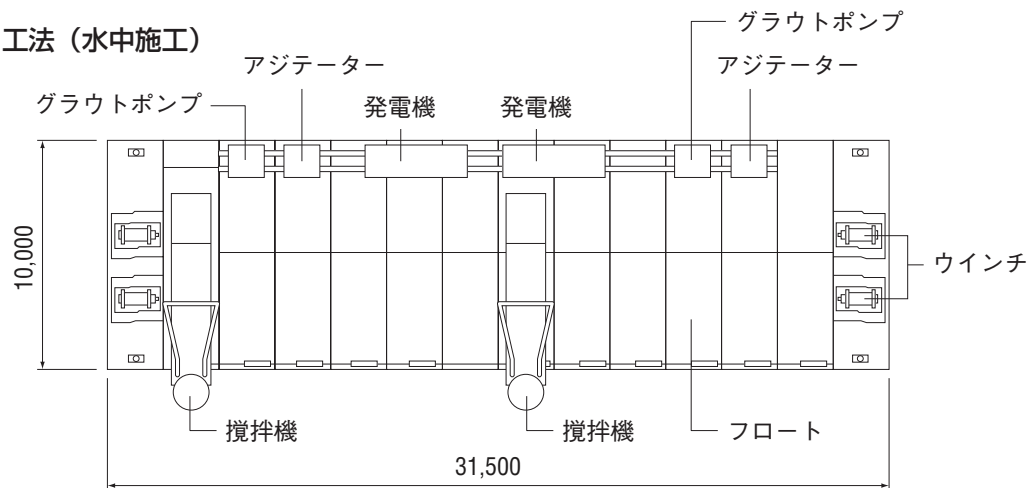


図5-13 10m級長尺横行処理船

5-2-4 仮設

1) 機材の搬入

処理機、プラントなどの機材の運搬は、FSM工法と同様である。

2) 夾雑物撤去、不陸整正

施工予定地に大型の夾雑物・地中障害物がある場合には、クラムシェルなどで撤去する必要がある。一般に浚渫地や河川などでは夾雑物が多く混入していることが多く、泥上施工の場合では、不陸整正を兼ねて泥上掘削機のバケットで出来るだけ撤去することが望ましい。水中施工の場合は、不陸整正は必要としないが、水深によっては夾雑物・地中障害物の撤去作業は困難であるため注意して打設しなければならない。

3) 処理船の組立、解体

泥上または水上で、フロート(L=10 m、B=2.25 m、H=1.2 m)を連結して、所定幅の処理船を組み立てる。その上に横行移動用のレールを設置し、横行台車と攪拌装置を乗せる。組立には、45 t吊りラフテレーンクレーンを使用するため、予め組立ヤードを確保する必要がある。ヤードの広さは、FVM工法ではFSM工法と同様であり、水中施工では(20 m×20 m)程度が必要

である。水中施工では、クレーン台船を使用する場合もある。泥上施工の場合、組立に8日、解体に4日、水中施工では組立に20日、解体に8日程度を要する。

4) スラリープラントの組立、解体

施工計画に基づき、設置予定地(陸上設置の場合)または台船上(水上設置の場合)に機材を搬入し、組み立てる。機材の配置は、固化材搬入に使用するローリー車の走行性と、処理船へのスラリー圧送を考慮して決定される。陸上のプラント用地は、最小10 m×20 m程度が必要である。組立には設置場所によらず3日程度、解体には4日程度の日数を要する。また、現場条件によってプラントと処理船の距離がグラウトポンプの圧送限界以上に遠くなる場合には、中継プラントが必要になる。また、水上設置の場合、台船の大きさは500t級が必要である。

5) ウインチ、アンカーの設置

泥上施工では、FSM施工法の場合と同じ設置方法である(図5-9参照)。水中施工ではウインチを処理船上の両端に設置し、アンカーは両岸の護岸などに取り付ける(図5-12参照)。河川幅が広い場合や海上、湖沼などでは、H鋼を打設し、アンカーとする。

5-3 VM・LVM・RM・ARM

・BH-ARM工法 (自走式施工法)

5-3-1 施工概要

自走式施工法は表5-4に示すように、その攪拌機構の違いによりVM工法(垂直式施工法)、LVM工法(長尺垂直式施工法)、RM工法(ロータリー式施工法)、ARM工法(自動ロータリー式施工法、特許第3215634号)の4タイプに分類されるが、基本的には泥面上を自走できるフロート構造の特殊処理機を用いて、スラリー状のセメント系固化材を対象地盤と攪拌混合して軟弱地盤を改良する固化処理工法である。

本工法は、横行式施工機で施工のできない部分(横行式処理機の占有部・端末部・処理サイド部等)の固化処理工法として開発されたものであり、機動性に富むことから、埋立地(浚渫ヘドロ)、河川、湖沼、池などに堆積した複雑な地形や狭隘地の軟弱地盤等を比較的小規模～中規模に固化処理するのに最適な施工法である。

本工法は、①処理機の移動が自走式である、②処理目的等に応じた施工ができる、といった特長を有している。スラリープラントで製造された固化材スラリーはグラウトポンプで処理機まで圧送される。圧送距離は200m程度(固化材スラリーを定量吐出させるため)であり、それ以上の距離がある場合は中継プラントを設置することにより、

固化材スラリー供給が可能となる。

スラリープラントから送られた固化材スラリーは、流量計を通してそれぞれの攪拌装置の吐出孔より対象地盤中に吐出され攪拌混合される。

5-3-2 施工方法

1) 施工手順

自走式施工法の施工手順は、図5-14のフローに示す。また、施工概念図を図5-15に示す。

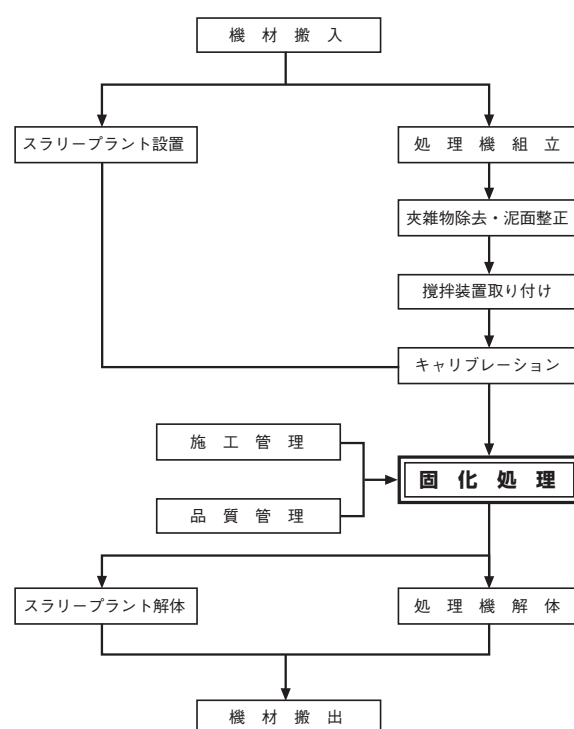


図5-14 自走式施工フロー

表5-4 自走式施工法の概要

工法名	処理深度	攪拌方式	施工方法	スラリー吐出位置	固化形状
VM工法 (垂直式施工法)	3m	水平攪拌	貫入→引抜き	攪拌翼	円柱状
LVM工法 (長尺垂直式施工法)	6m	水平攪拌	貫入→先端処理→引抜き	攪拌翼	円柱状
RM工法・BH-RM工法 (ロータリー式施工法)	3m	鉛直攪拌	貫入→引抜きの繰り返し	駆動端部	ブロック状
ARM工法 (自動ロータリー式施工法)	5m	鉛直攪拌	貫入→引抜き	駆動端部	角柱状

注) LVM工法、ARM工法では処理機の安定性確保のため、施工位置の平坦性およびある程度のトラフィカビリティを必要とする。
地盤が比較的良好な場合、クローラタイプでの組み合わせが可能。

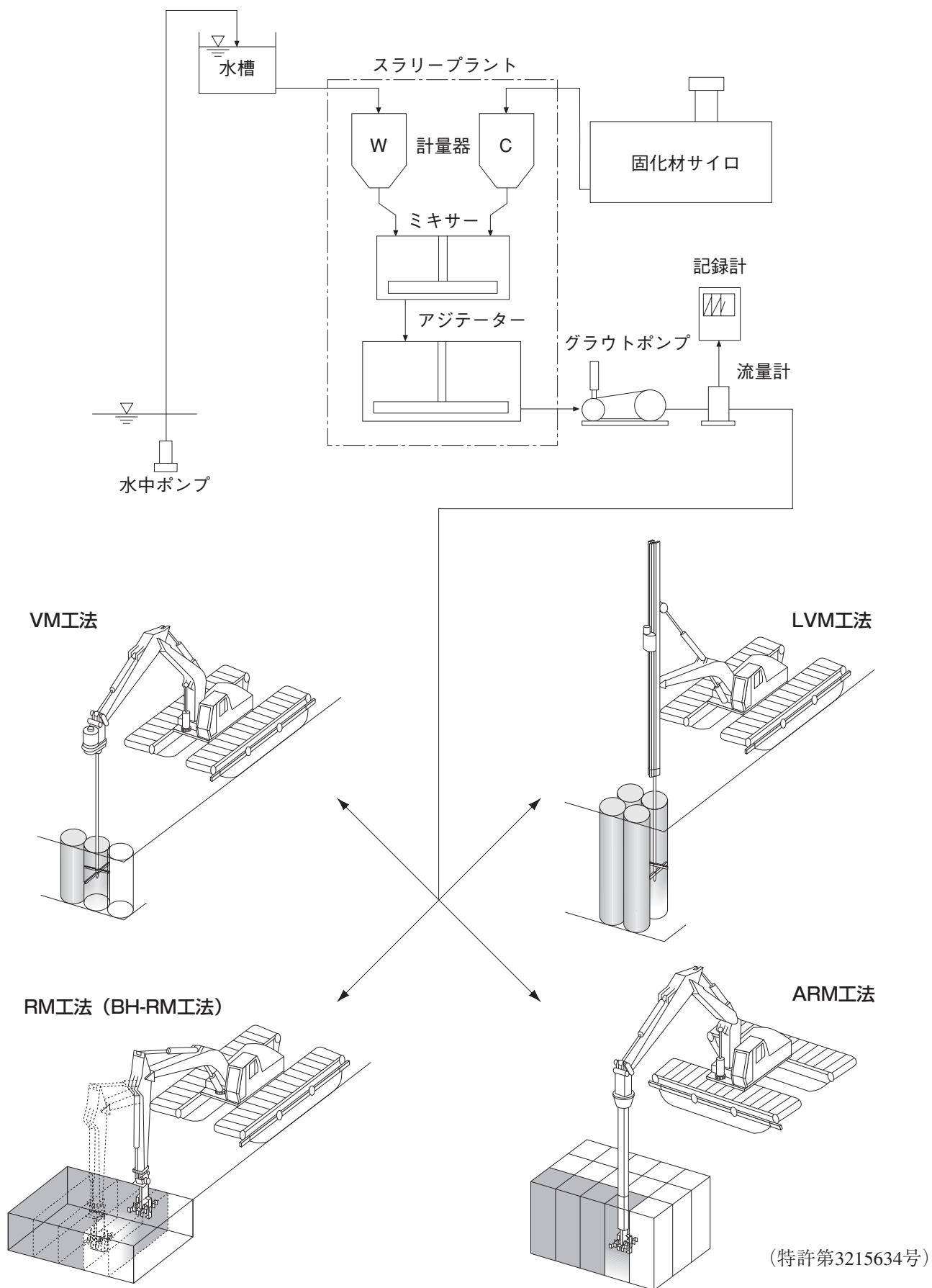


図5-15 自走式施工概念図

2) 固化処理法

a) VM工法(垂直式施工法) (図5-16)

- ① 攪拌翼を回転させ、固化材スラリーを吐出させながら、一定速度で所定深度まで貫入を行なう。
- ② 所定深度に到達したら、一定速度で攪拌機の引

抜きを行なう。

- ③ 泥面に攪拌翼が出た時点で次の施工位置に攪拌機をセットし、①の作業に入る。①～③を繰り返す。
- ④ 所定幅の処理を行なった後、攪拌機を引き上げ、処理機本体を自走移動させ次の施工ブロックに位置決めする。

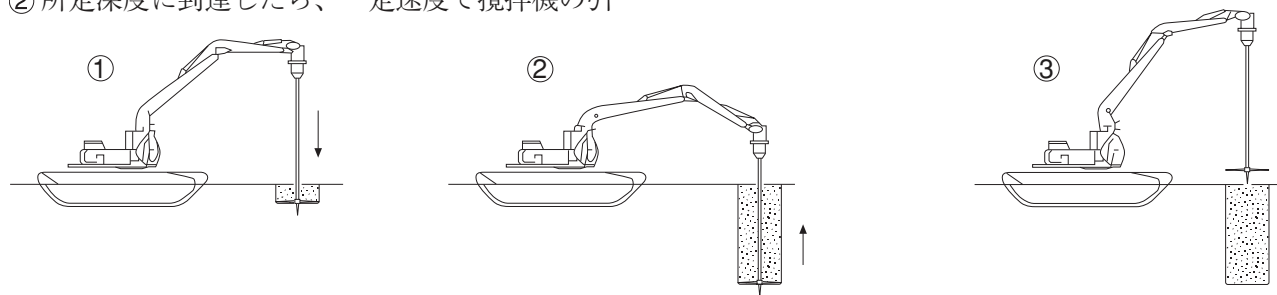


図5-16 VM工法施工模式図

施工位置への処理機のセットの例を図5-17に示す。

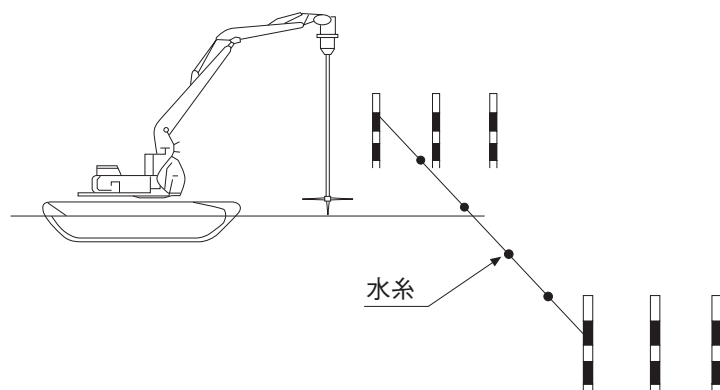


図5-17 VM工法の施工位置セット模式図



b) LVM工法(長尺垂直式施工法) (図5-18)

- ① ② 所定位置にセットした後、攪拌翼を回転させ攪拌ガイドリーダーにより、所定深度まで一定速度で貫入を行なう。
- ③ 所定の深度で貫入とスラリー吐出を停止し、

先端部処理を行なう。

- ④ 再びスラリー吐出を開始し、泥面まで一定速度で引抜きを行なう。
- ⑤ 次の施工位置に攪拌機をセットし、①～④を繰り返す。

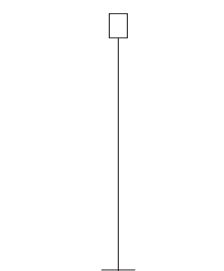
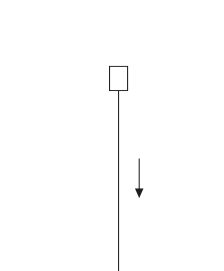
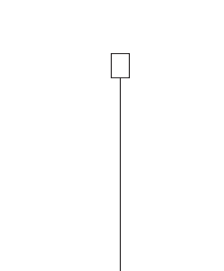
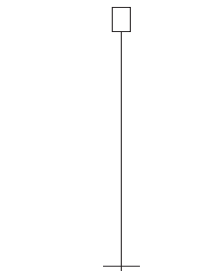
				
① 位置セット X-Y方向の見通しポールと水系で杭芯位置を決め、処理機をセットする。	② 貫入 固化材スラリーを吐出し、攪拌しながら、所定深度まで貫入させる。	③ 貫入完了・先端処理 所定深度まで貫入させ、固化材スラリーを止め、杭の先端処理を行なう。	④ 引抜き 固化材スラリーを吐出し、攪拌しながら泥面まで引抜く。	⑤ 移動 次の施工位置へ移動する。

図5-18 LVM工法施工模式図

施工位置への処理機のセットの例を図5-19に示す。

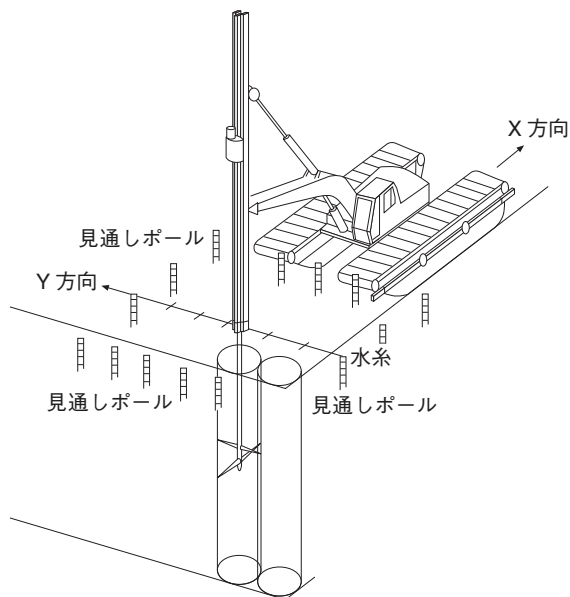


図5-19 LVM工法の施工位置セット模式図



c) RM工法(ロータリー式施工法)(図5-20)

- ① 処理機を所定位置にセットする。
- ② 攪拌翼を回転させ固化材スラリーを吐出しながら、一定速度で所定の深度まで貫入を行なう。
- ③ 所定の深度に到達したら、一定速度で攪拌機の引抜きを行なう。
- ④ 泥面に攪拌機が出た時点で、次の施工位置(攪拌翼の1/2)に攪拌機をセットする。ブロックの施工が完了したら、次のブロックへ処理機を自走移動させる。

施工位置への処理機のセットは、図5-21に示すように行なう。

- ① X-Y方向に区割りポールをたて、施工区割りピッチを表示する。
- ② 攪拌機を区割りポールの見通し線上に来るようにセットする。

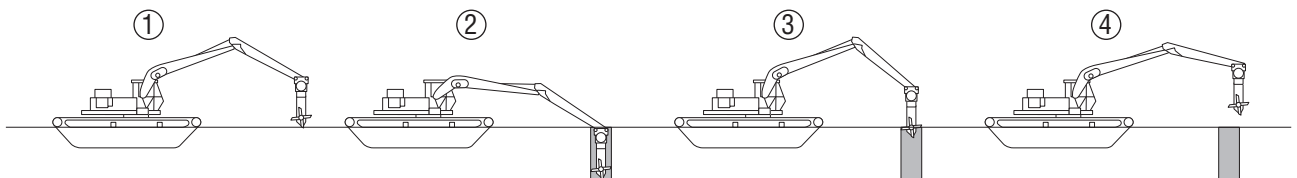


図5-20 RM工法施工模式図

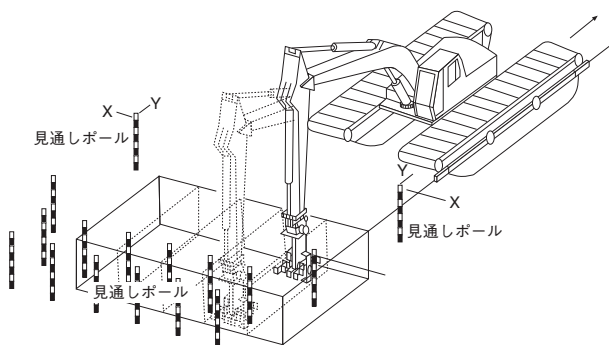


図5-21 RM工法の施工位置セット模式図



d) ARM工法(ロータリー式施工法)(図5-22)

- ① 処理機を所定の位置にセットする。
- ② 攪拌翼を回転させつつ固化材スラリーを吐出しながら貫入・引抜きを行なう。
- ③ 攪拌機が泥面上に出た時点で、攪拌機を90°回転させる。
- ④ 同じポイントで再び貫入・引抜きを行なって1本の施工を終了した後、隣接する地点の処理を行なう。

所定の区割りブロックの処理を行なった後、攪拌機を引上げ処理機を自走移動して次の施工ブロックに位置決めする。

施工位置への処理機のセットは、図5-23に示すように行なう。

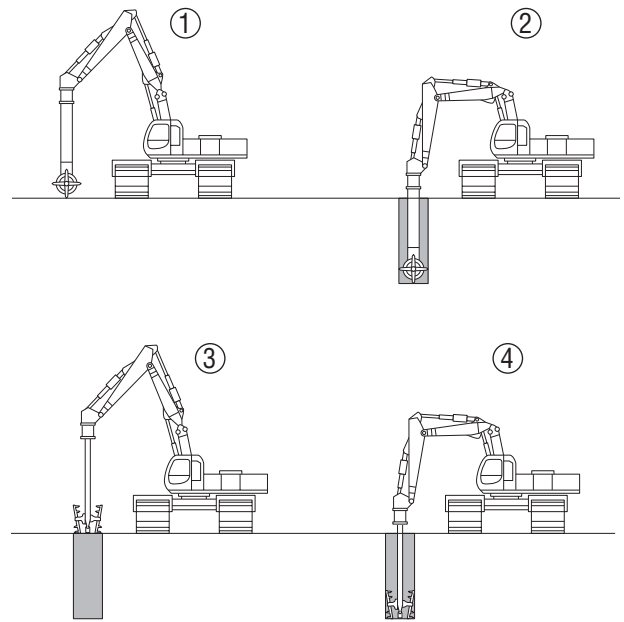
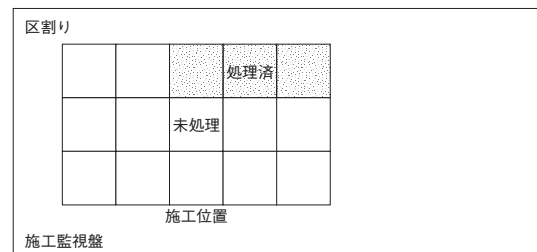


図5-22 ARM工法施工模式図

- ① X-Y方向に区割りポールをたて、施工区割りブロックを表示する。
- ② 2ヶ所に攪拌機をセットし、位置を施工監視盤に記憶させる。
- ③ 処理機上の施工監視盤で位置を合わせ順次施工する。

また、施工監視盤を図5-24に示す。



施工監視盤は処理機運転室にあり所定の区割りブロックを示す。攪拌翼の中心を示す印を各格子の中心に合わせることで施工位置がセットされる。また、処理済と未処理部分は色別される。

図5-24 処理機の施工監視盤

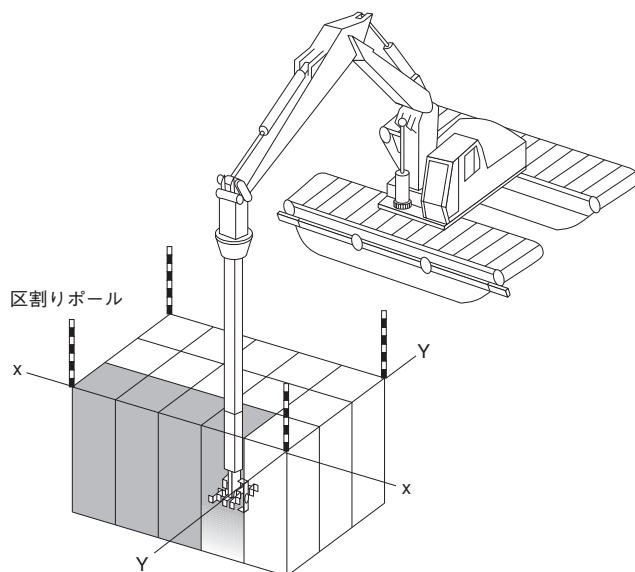
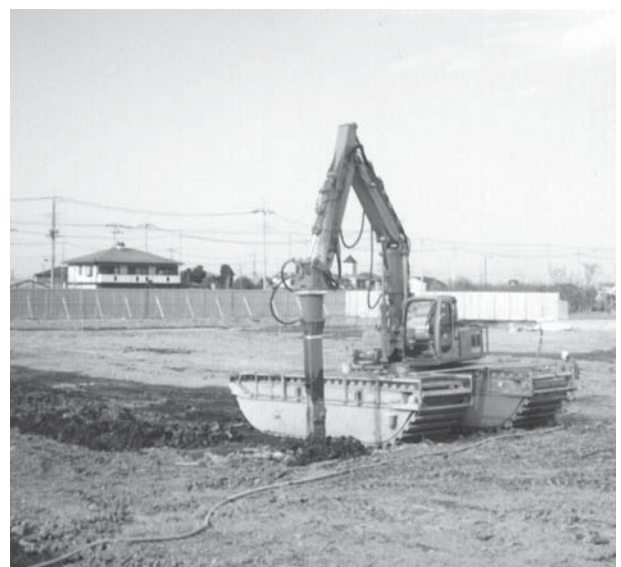


図5-23 ARM工法の施工位置セット模式図



3) 攪拌混合方法

工法別の攪拌混合方法を以下に示す。

a) VM工法(垂直式施工法)

攪拌機を一定速度で貫入・引抜きさせながら、同時に一定速度で回転する攪拌翼にある吐出孔より固化材スラリーを吐出させ、対象地盤と攪拌混合を行なう。

貫入・引抜きの往復動作により、改良体1本の処理が完了する。

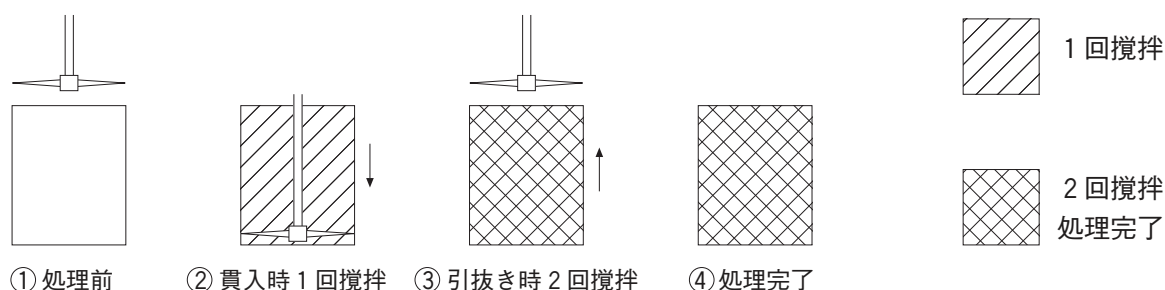


図5-25 VM工法施工模式図

b) LVM工法(長尺垂直式施工法)

処理深度が深くなるので、処理機に攪拌機をガイドするリーダー部材を取り付け、VM工法と同様の攪拌混合を行なう。

ただし、処理部下端についてはその位置で攪拌機を止めて先端処理を1分間行なった後、引抜きを行なう。

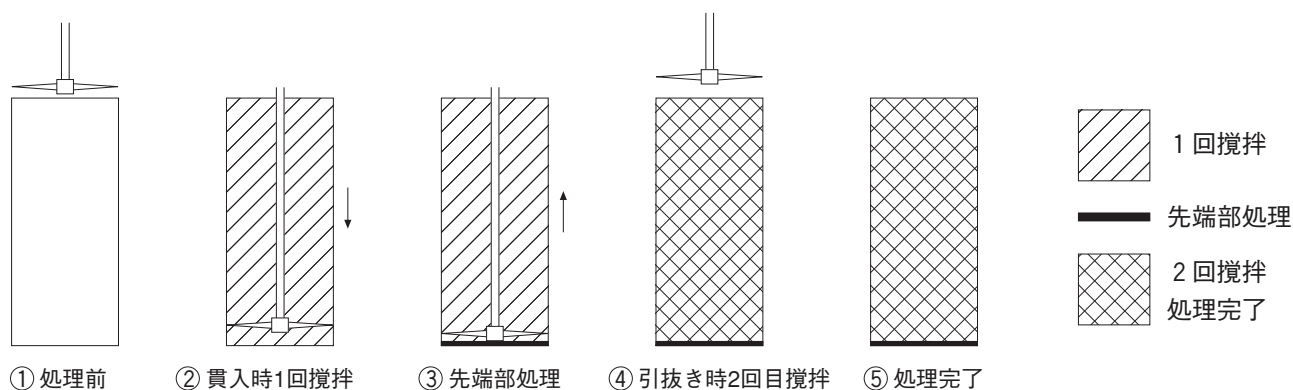


図5-26 LVM工法施工模式図

c) RM工法(ロータリー式施工法)

攪拌翼を鉛直回転させ一定速度で、貫入・引抜き
の往復動作を行なう。なお、1回目の貫入・引
抜きが終わると、攪拌翼径の1/2だけ移動して次
の貫入・引抜きを行なうので、同一面で4回の攪
拌が行なわれることになる。

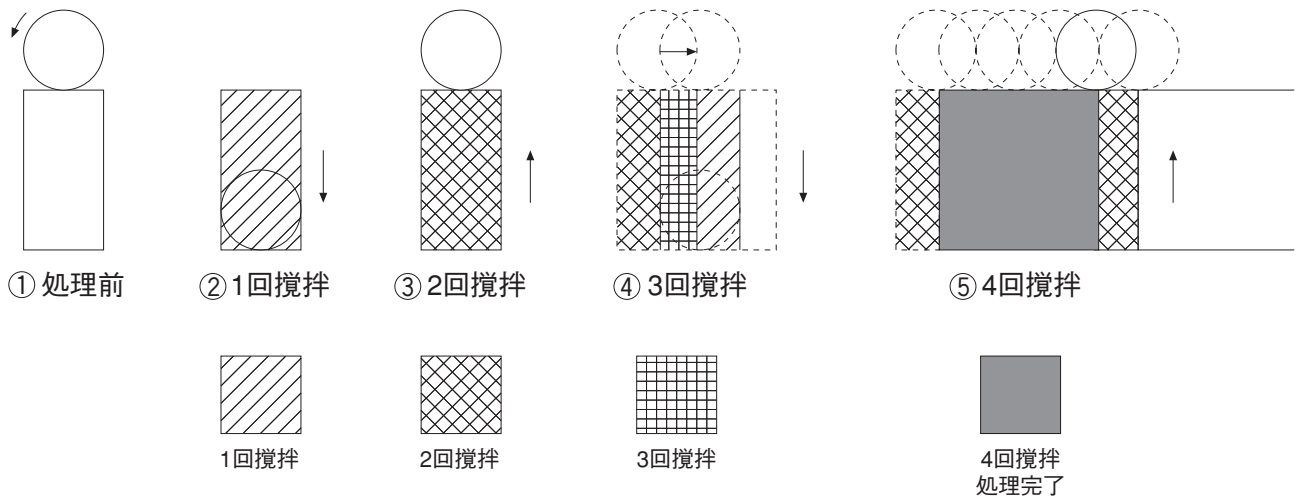


図5-27 RM工法施工攪拌模式図

d) ARM工法(自動ロータリー式施工法)

攪拌翼を鉛直回転させつつ一定速度で貫入・引
抜き行なった後、攪拌部を90度回転させ、同じ時
点で再び貫入・引抜きを行なう。

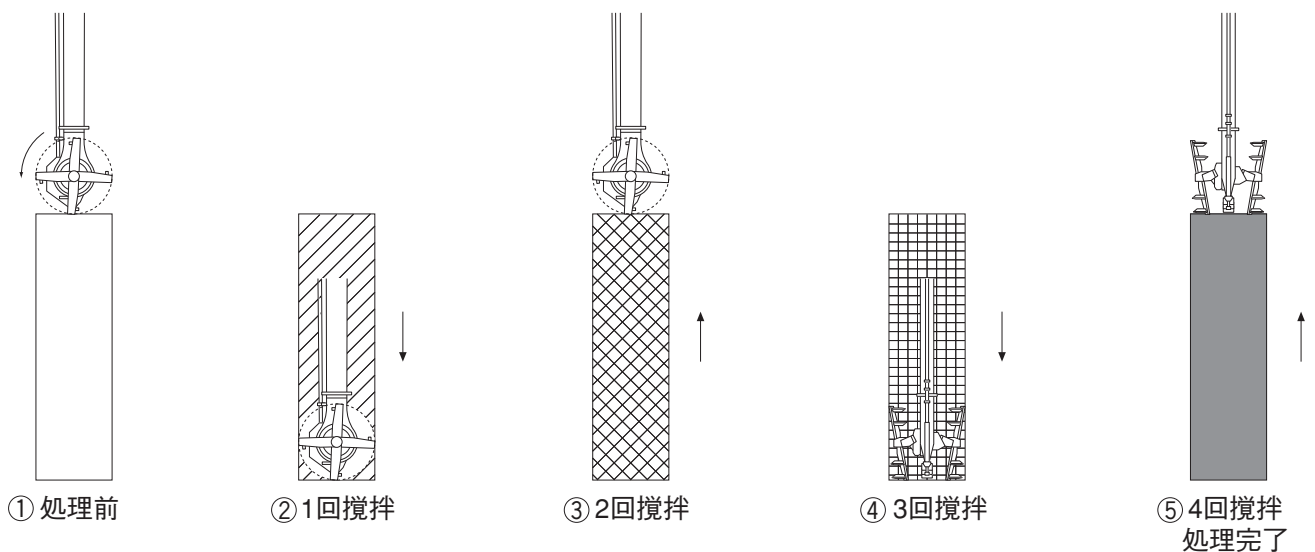


図5-28 ARM工法施工模式図

5-3-3 使用機械

使用する機械を一覧表として表5-5に示す。また、各工法の施工機械姿図を図5-29～図5-33に示す。

表5-5 使用機械一覧表

	機 械 名	数 量	単 位	構 造 形 式
処 理 機	VM工法処理機	1	台	処理機出力92 kW 攪拌翼径 ϕ 1000～1200 * 最大深度3m、油圧駆動
	LVM工法処理機	1	台	処理機出力92 kW 攪拌翼径 ϕ 800～1000 * 最大深度6m、油圧駆動 油圧昇降、攪拌リーダー部含む
	RM工法処理機	1	台	処理機出力92 kW 攪拌翼径 ϕ 1000 最大深度3m
	ARM工法処理機	1	台	処理機出力99 kW 攪拌翼径 ϕ 1000～1300 * 最大深度5m(深度記録計装着)
	BH-RM工法処理機	1	台	処理機出力104 kW 攪拌翼径 ϕ 1000 最大深度3m
プ ラ ン ト	スラリープラント	1	台	10m ³ /h
	固化材サイロ	1	台	30t
	スクリーコンベア	1	台	20t/h *
	グラウトポンプ	1	台	250 ℓ /分 *
動力	発動発電機	1	台	100kVA
付 属 品 等	管理記録計	1	台	流量積算記録
	高圧ホース 注)	200	m	ϕ 38mm
	水 槽	1	基	10m ³
	高圧洗浄機	1	台	ノズル径 1/2インチ プラント清掃用
	敷鉄板	6	枚	1524×6096×22
	電気溶接機	1	台	250 A ディーゼルエンジン付

* 現場条件、施工条件により変更します。

注) スラリープラントの位置と施工場所が200 m以上ある場合には、中継プラント施設(アジテータ槽[3m³]、グラウトポンプ[250 ℓ /分]、発電機[45kVA])が必要となる。スラリープラントから直接定量性をもって、固化材スラリーを圧送できる距離は、200m程度である。

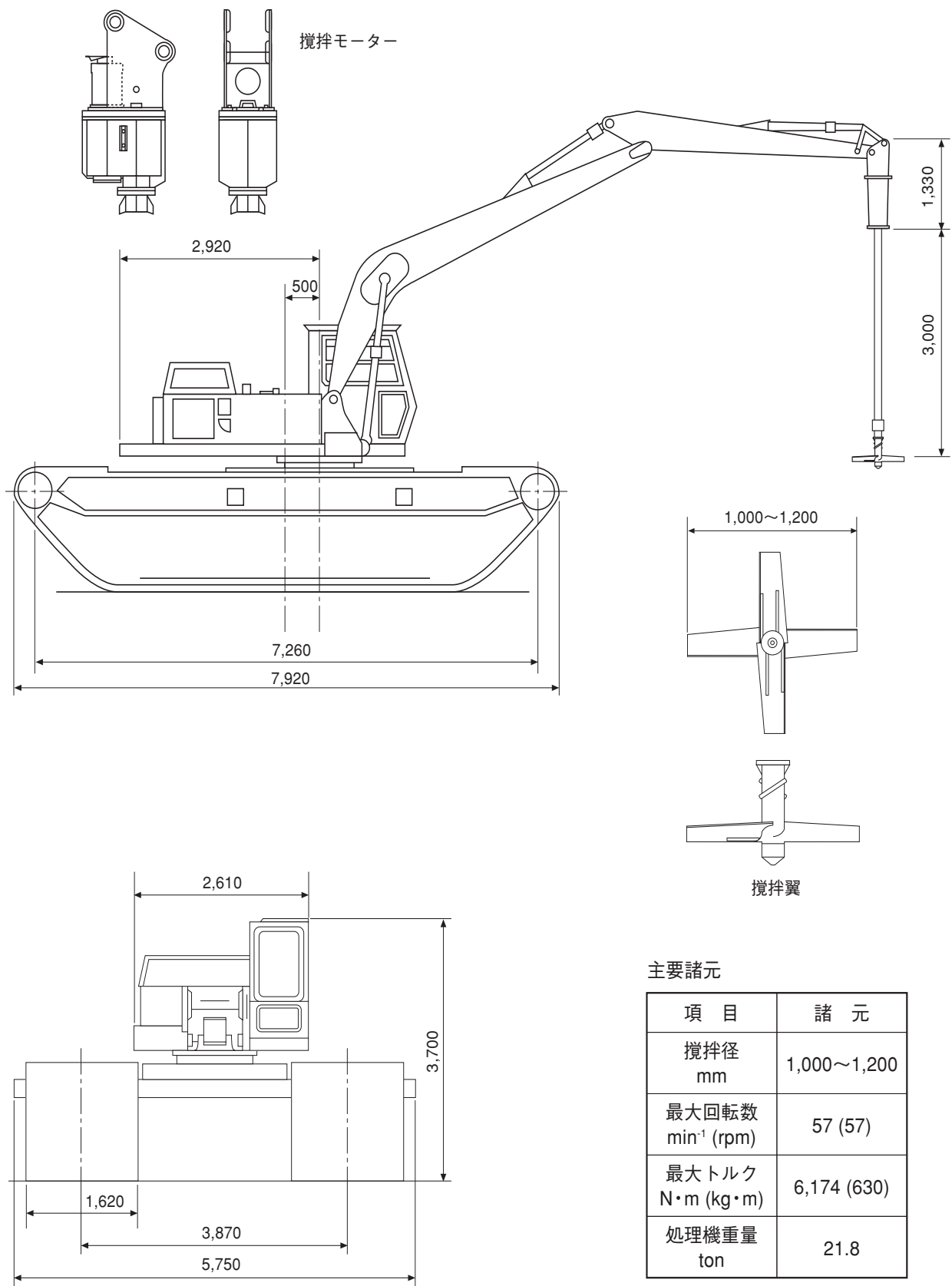
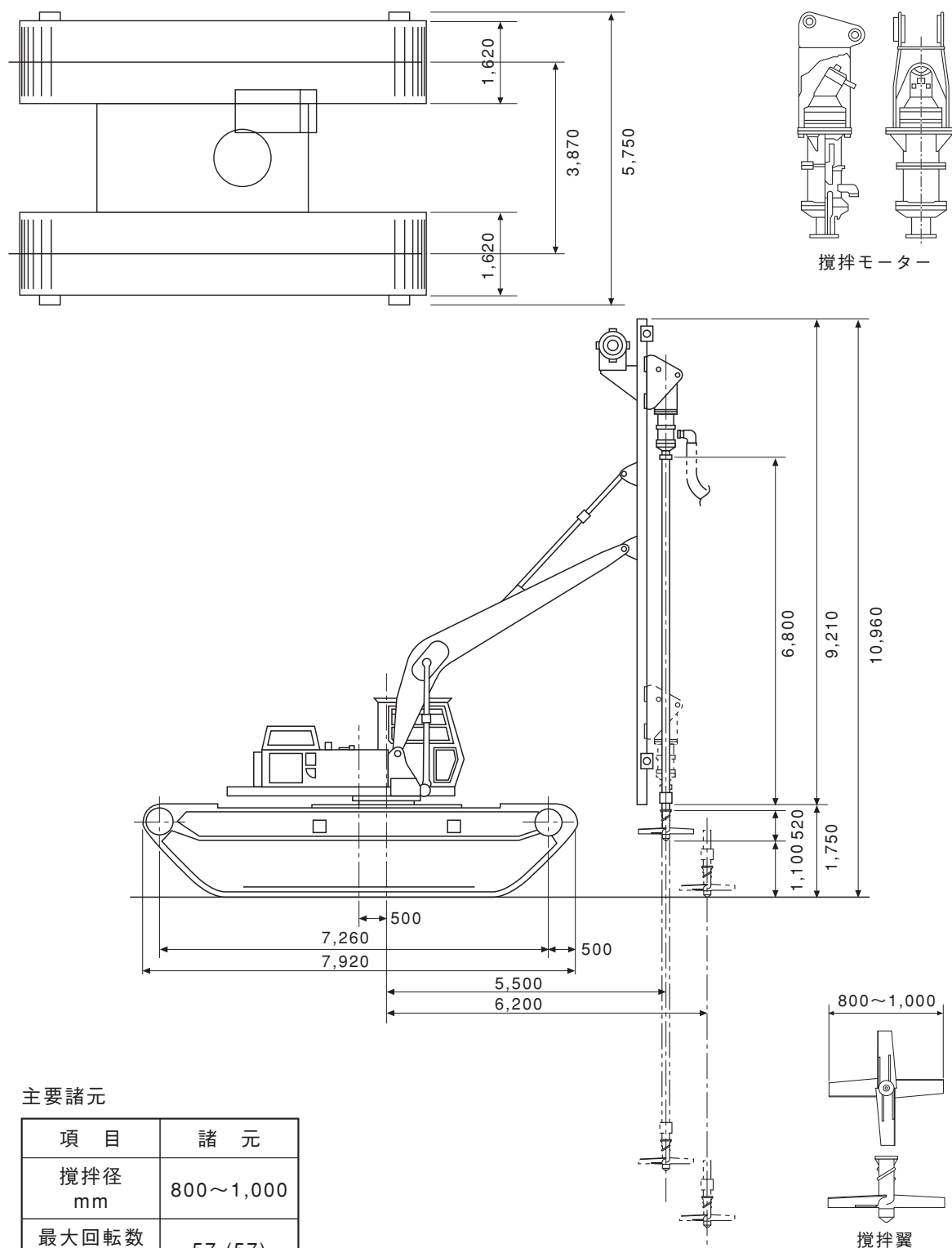


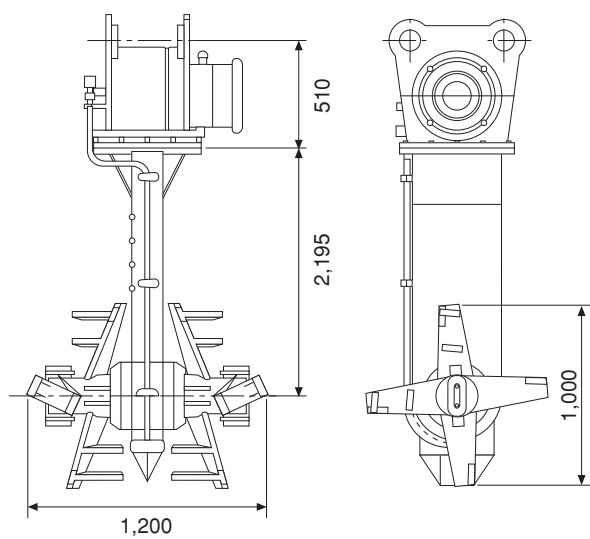
図5-29 VM工法処理機



主要諸元

項 目	諸 元
攪拌径 mm	800~1,000
最大回転数 min ⁻¹ (rpm)	57 (57)
最大トルク N・m (kg・m)	6,174 (630)
処理機重量 ton	23.2

図5-30 LVM工法処理機



攪拌機

主要諸元

項 目	諸 元
攪拌径 mm	1,000
攪拌幅 mm	1,200
最大回転数 min ⁻¹ (rpm)	70 (70)
最大トルク N・m (kg・m)	8,830 (900)
処理機重量 ton	22.3

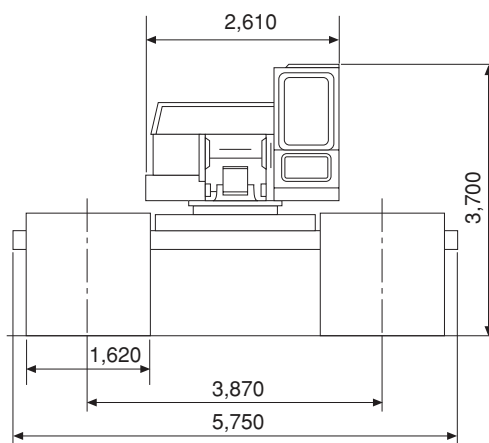
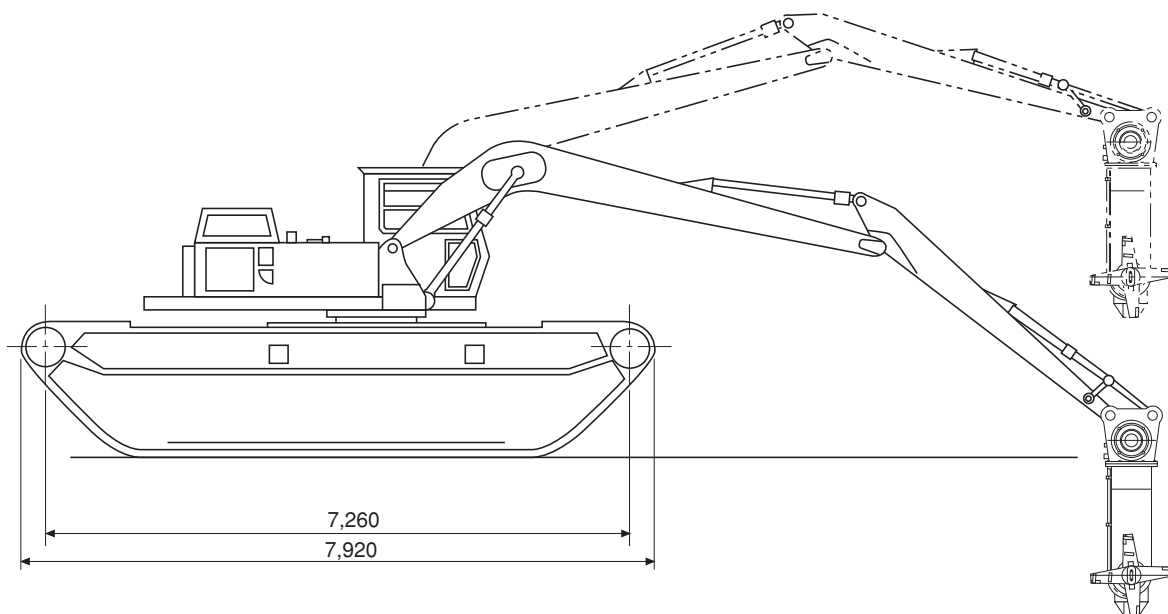


図5-31 RM工法処理機

主要諸元

項 目	諸 元
攪拌径 mm	1,000~1,300
攪拌幅 mm	1,000~1,300
最大回転数 min ⁻¹ (rpm)	50 (50)
最大トルク N・m (kg・m)	9,800 (1,000)
処理機重量 ton	24.5

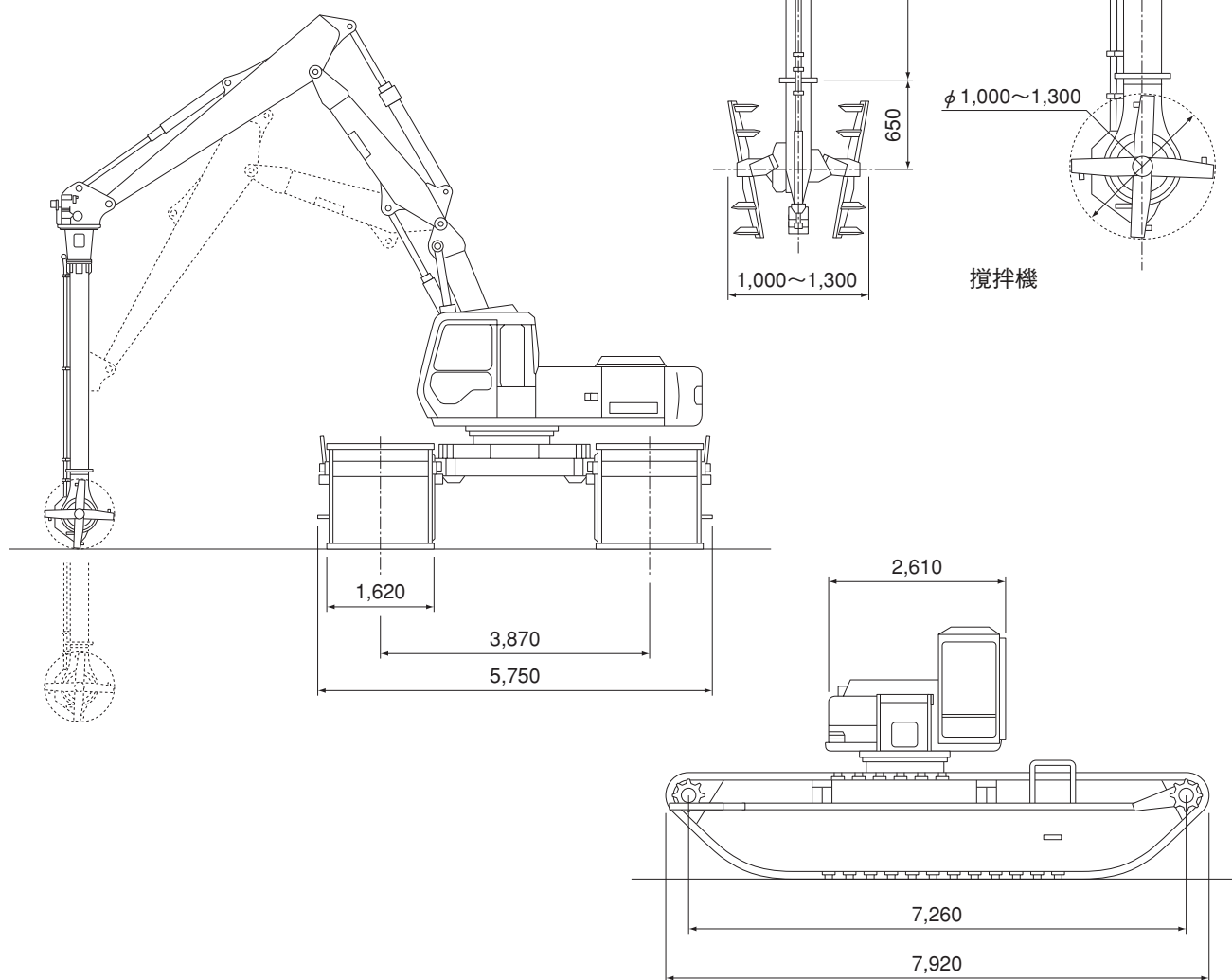
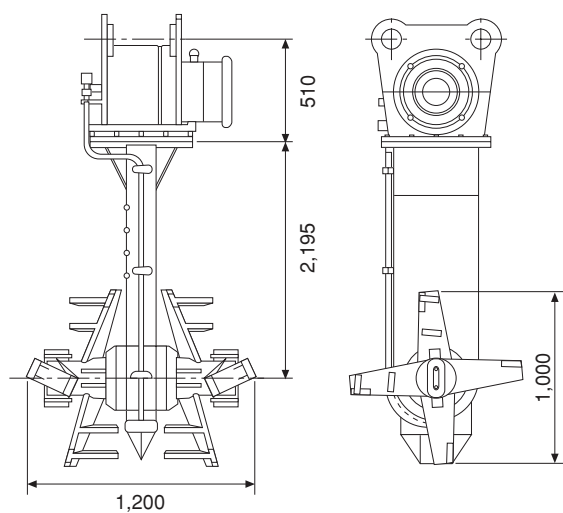


図5-32 ARM工法処理機



攪拌機

主要諸元

項 目	諸 元
攪拌径 mm	1,000
攪拌幅 mm	1,200
最大回転数 min ⁻¹ (rpm)	70 (70)
最大トルク N・m (kg・m)	8,830 (900)
処理機重量 ton	21.1

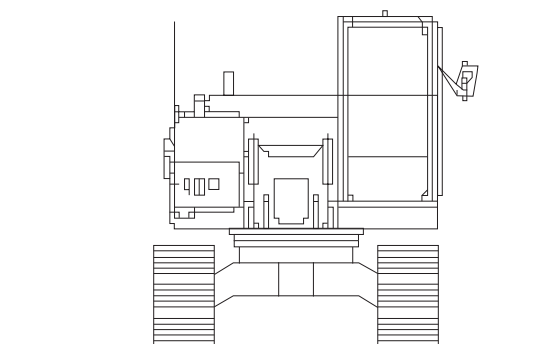
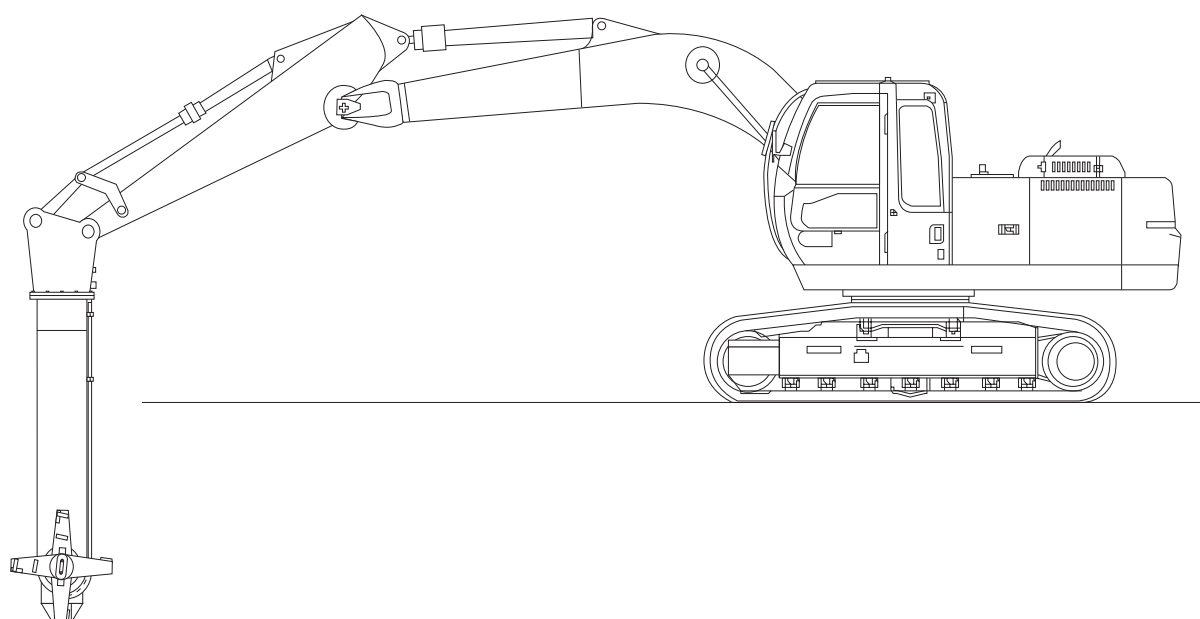


図5-33 BH-RM工法処理機

5-3-4 仮 設

1) 機材の搬入

処理機、プラントなどの機材は、すべてトラック輸送可能な大きさに分解して現地に搬入する。ただし、施工現場の状況により、水上搬送する場合がある。

2) 夾雑物の除去・軟弱土面整正

あらかじめ固化処理の支障となる夾雑物・地中障害物を除去するとともに、必要に応じ軟弱土面整正を行なう。

3) 自走式処理機の組立、解体

組立には35t吊り以上のラフテレーンクレーンを使用するので、あらかじめ組立ヤードを確保する必要がある。ヤードの広さは(処理機分 6 m×8 m + ラフテレーンクレーン分 8 m×10 m)程度必要である。

ラフテレーンクレーンにより足回りフロート部を組立泥面に吊り降ろし、機関部を取り付け、油圧配管パイプを接続する。続いて機関部の先端に攪拌部を取り付ける。さらにスラリープラントか

ら供給される固化材スラリーを通すホースを配管する。組立には2日程度、解体には1日程度を要する。

施工現場の状況により陸上部から離れた箇所に処理機を降ろす場合、ラフテレーンクレーンに代わってクレーン台船を使用することもある。

4) スラリープラントの組立、解体

あらかじめ計画された組立用地に機材を搬入し、35 t吊りラフテレーンクレーンにより組み立てる。プラント機材の配置は現場状況、固化材搬入ローリー車や資機材搬入車両の通行および処理機へのスラリー圧送方向を検討し、決定する。プラント用地は最小15 m×10 m程度必要であり、機材や資機材搬入車両の重量に耐えられる地盤が良い。

組立には3日程度、解体には2日程度の日数を必要とする。

陸上部にスラリープラントの設置が不可能な水上では、台船上(200 tクラス以上)にプラント機材をクレーン台船を使用して組み立てる。

スラリープラントと処理船の距離がグラウトポンプの圧送限界(200m)以上になる場合は中継プラントを使用する場合がある。

5-4 施工管理および事後調査

5-4-1 施工管理

品質、出来形管理項目には、固化材の配合・添加量・混合攪拌程度、処理位置・幅・厚さ等がある。

1) 固化材使用量

固化材使用量は、スラリープラント計量器により計量する。

2) 固化材の配合

水量と固化材量を1バッチごとに計量する。

固化材スラリーの水／固化材比を管理する。スラリープラントミキサー1バッチが所定の水／固化材比になっているか、スラリー比重をマッドバランスで測定する。

3) 固化材添加量

スラリー使用量は、スラリー流量計により測

定・管理し、記録する。

4) 混合攪拌度合い

対象土に所定の量と時間、スラリーを添加し攪拌混合したことを管理計に記録する。

5) 処理厚さ

- ① 攪拌機に設計の処理深さの位置をマーキングし、施工時の厚さの管理をする。
- ② FVM、FAM工法、LVM工法およびARM施工法は深度計により測定し記録する。

6) 処理位置・幅

基準杭、見通しポールあるいは光波距離計等で固化処理位置と幅を管理し、人間の歩行が可能な程度に改良した時点で実測する。

7) 頻度

施工管理の頻度は概ね表5-7の通りである。

表5-7 施工管理頻度

項 目	調査・試験方法	頻 度
固化材使用量	スラリープラント計量器で測定	全 量
固化材の配合	スラリー比重をマッドバランスで測定	1 回／日以上
固化材添加量	スラリー流量計	全 量
混合攪拌度合い	混合攪拌時間、スラリー添加時間、処理土量	全 量
処理厚さ	攪拌機挿入深度	全 数
処理位置・幅	実測、出来高管理計	全 数

5-4-2 事後調査

事後調査の目的は、処理地盤の品質を確認し処理効果を判定することにある。

事後調査の頻度は、工事の規模、改良形態の相違により異なるので、随時検討する必要がある。

1) 品質

a) 固化処理土の強度

固化処理土の強度の確認は、一般的に材令28日で行なうが、その方法は次のとおりであり、規模、処理形態等により、1～2種類が行なわれている。

① チェックボーリング採取試料

チェックボーリングを行なって採取したコアの一軸圧縮強さを測定する。

② モールド採取試料

モールド寸法：φ5 cm×10 cm

固化処理終了直後の処理土をモールドに詰めて一軸圧縮強さを測定する。

③ オランダ式二重管コーン貫入試験

処理土のコーン指数を測定する。

b) 処理地盤の均一性

次のいずれかによる。

① チェックボーリング採取試料

② オランダ式二重管コーン貫入試験

③ 試掘

2) 出来形

a) 処理地盤の幅は実測による。

b) 処理地盤の厚さ。

次のいずれかによる。

① チェックボーリングにより採取したコアの長さを測定する。

② オランダ式二重管コーン貫入試験により確認する。

③ 塩ビ管を引抜いた穴に検尺棒を入れて施工厚さを測定する。

④ 試掘による。

3) 六価クロム

施工前の室内配合試験で土壤環境基準を超えない場合は、火山灰質粘性土を除き、施工後の六価クロムの溶出試験は不要である。

4) 頻度

調査・試験頻度は概ね表5-8の通りである。

表5-8 調査・試験頻度

項 目	調査・試験方法	頻 度
強 度	一軸圧縮試験、コーン貫入試験 オランダ式二重管コーン貫入試験	一ヶ所/1000～2000m ³
均一性	チェックボーリング オランダ式二重管コーン貫入試験 試掘	一ヶ所/1000～2000m ³
処理幅	実 測	—
処理厚さ	チェックボーリング オランダ式二重管コーン貫入試験 検尺棒、試掘	一ヶ所/1000～2000m ³
六価クロム	環境庁告示46号の溶出試験 タンクリーチング試験	国土交通省通達による