

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こなすものである。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300m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、10cmラップさせ2.6m(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、700～1000m程度離れた遠隔地からの移動が可能である。

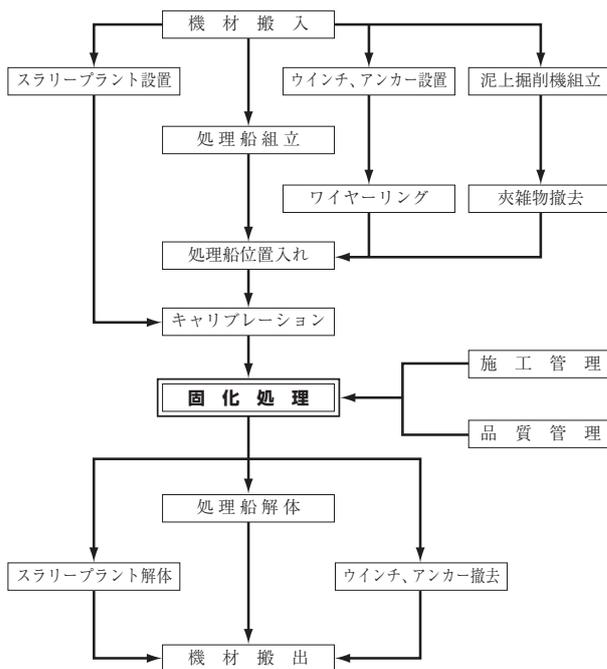


図5-1 横行連続式施工フロー

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カ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2.6m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。

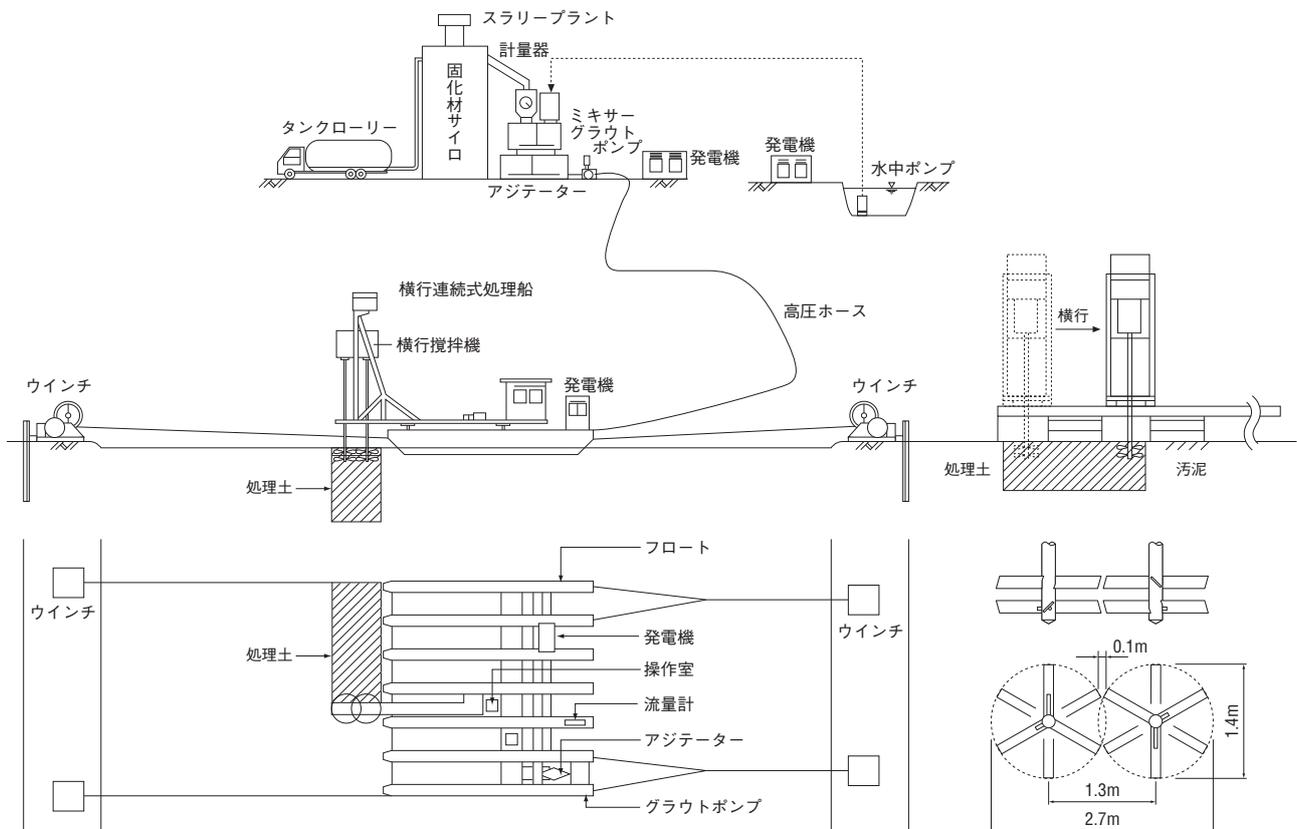
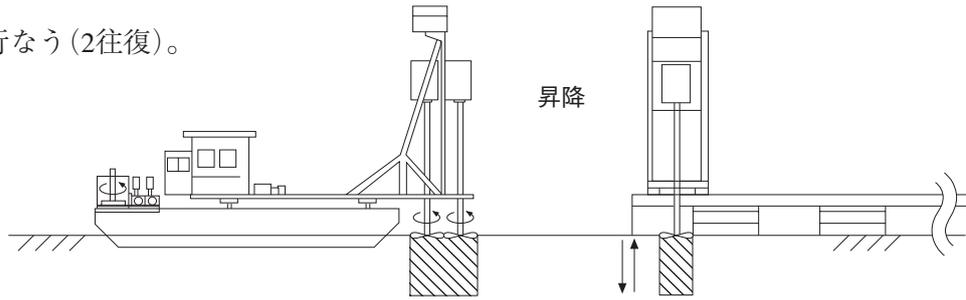
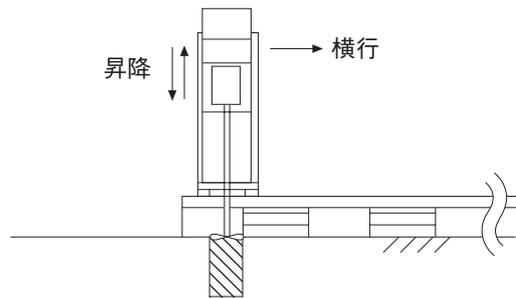


図5-2 横行連続式施工概念図

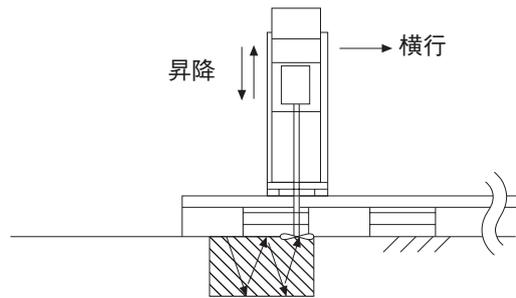
① 端部の垂直昇降を行なう(2往復)。



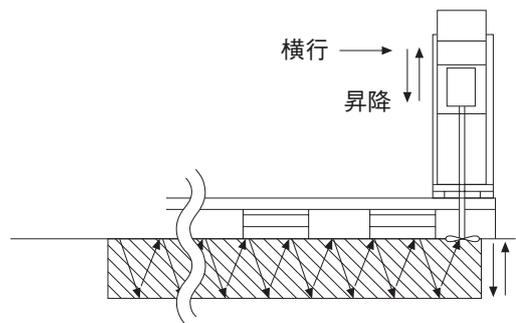
② 横行を開始する。



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。

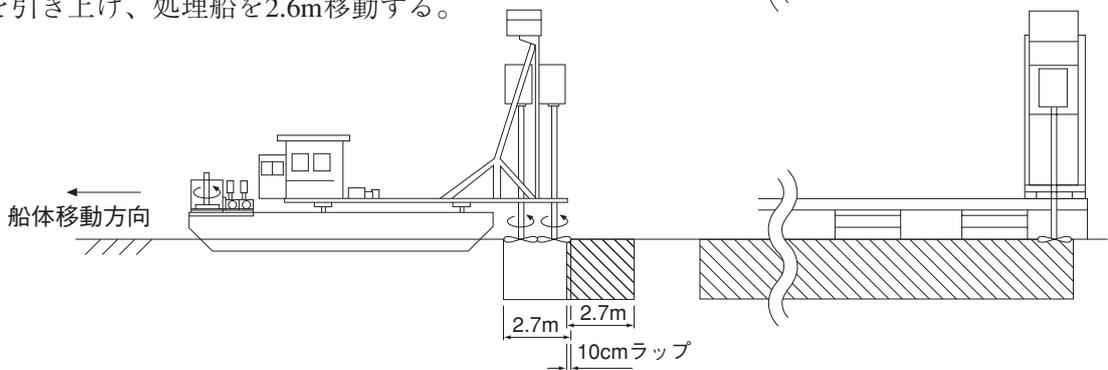
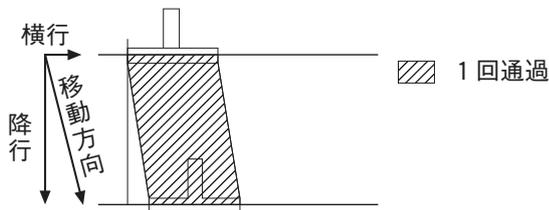


図5-3 施工模式図

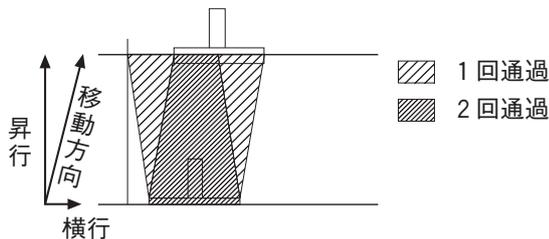
3) 攪拌混合の原理

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往復づつ行なう。

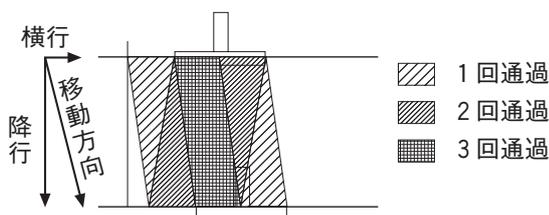
① 1回目攪拌混合



② 2回目攪拌混合



③ 3回目攪拌混合



④ 4回目攪拌混合

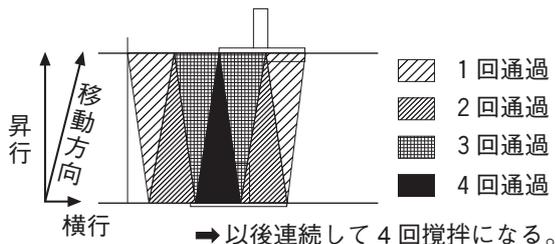


図5-4 4回混合の模式図

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 = $L_1 - \phi$
= $40.0 - 1.4 = 38.6$ m

ϕ : 攪拌翼径 1.4 m

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 : 3.0 m

V : 昇降速度 : 1.0 m/分

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

(横行部の昇降時間は $3.0 \times 112 \div 1.0 = 336$ 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。

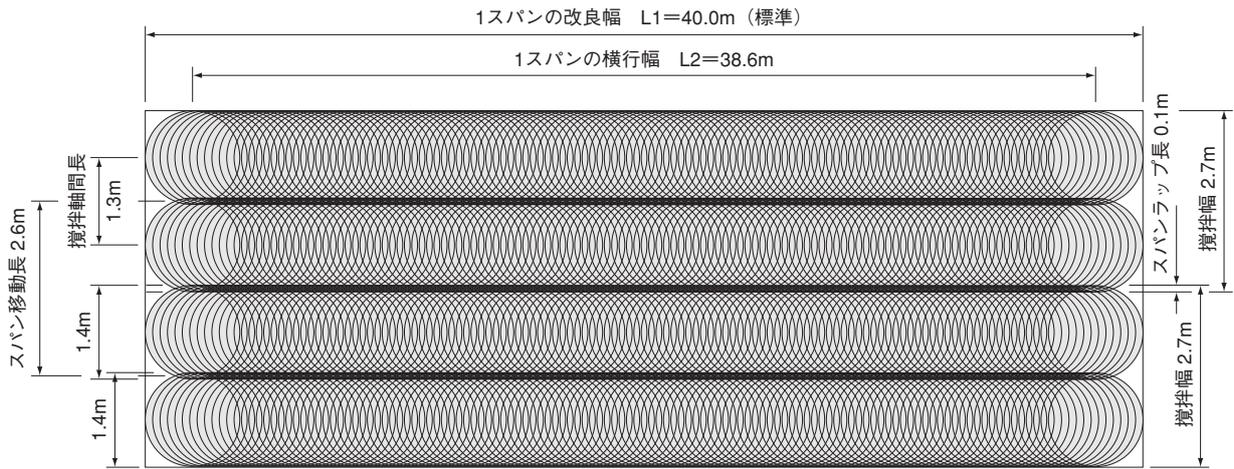
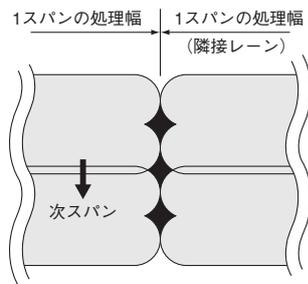


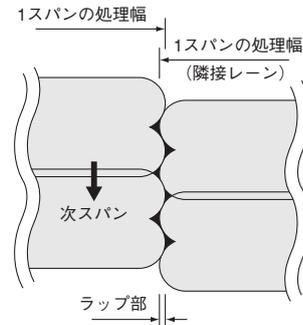
図5-5 出来形平面図

一般的な施工法

a) 同列移動接円形

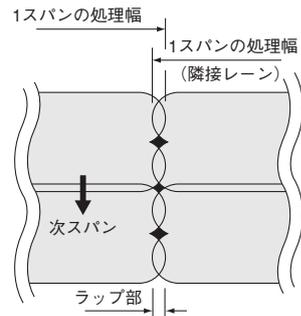


b) 段差移動接円形

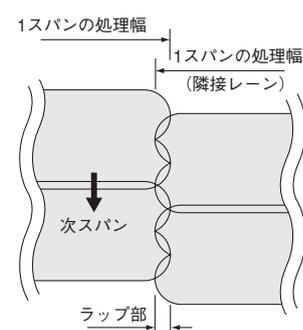


ラップ施工法

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。

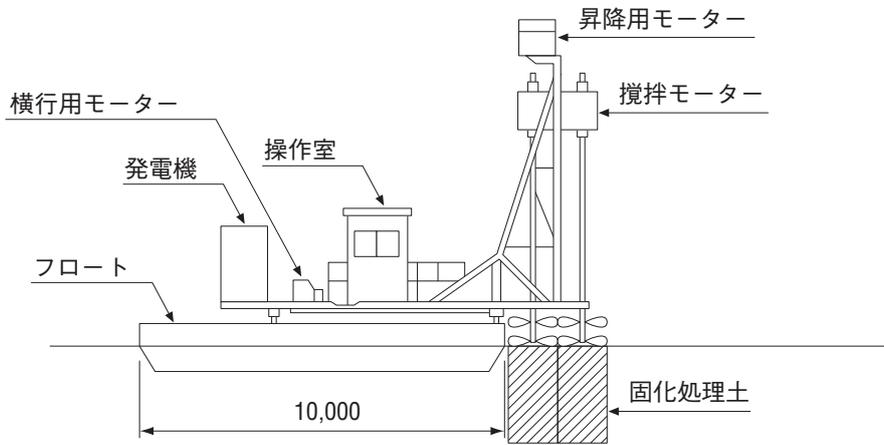
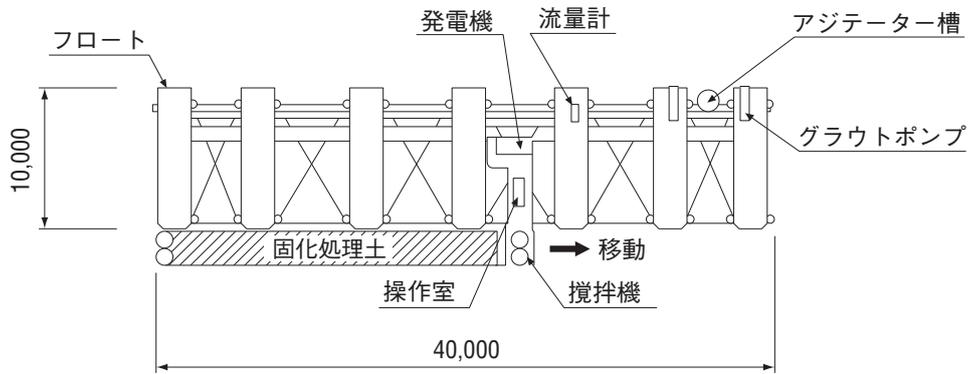
表5-1 使用機械一覧表

	機 械 名	数 量	単 位	構 造 形 式
処 理 船	(1) 攪拌機	1	連	φ1,400 × 2軸(標準)
	攪拌装置	1	式	攪拌トルク 2750 Nm/50 rpm、ℓ=3~5m、4220 Nm/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 × 2.25 × 1.2 m *
	接合梁	12	本	φ400 mm *
	横行用レール	1	セット	H-300 45 m × 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	300~500 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	φ22 mm 1,500 m × 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	φ50 mm 300 m × 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 × 6096 × 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

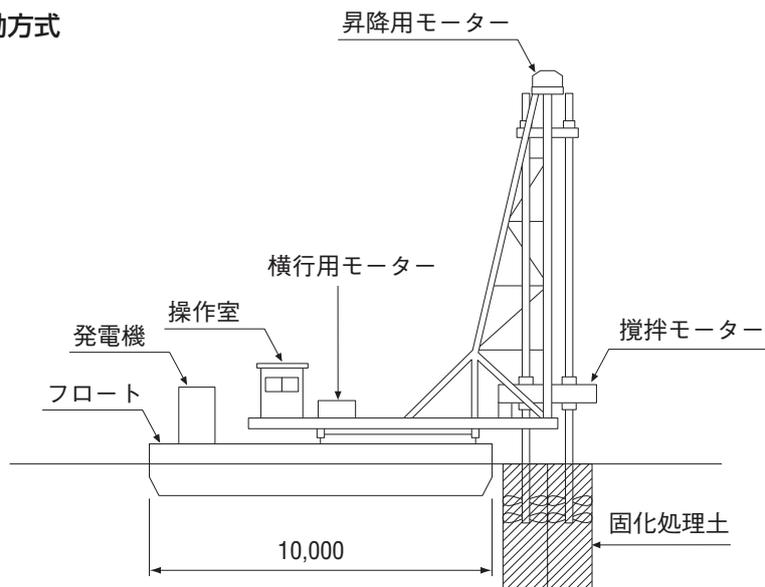


図5-7 横行連続式処理船図

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=10m、B=2.25m、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+10m×15m)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10m×20m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。

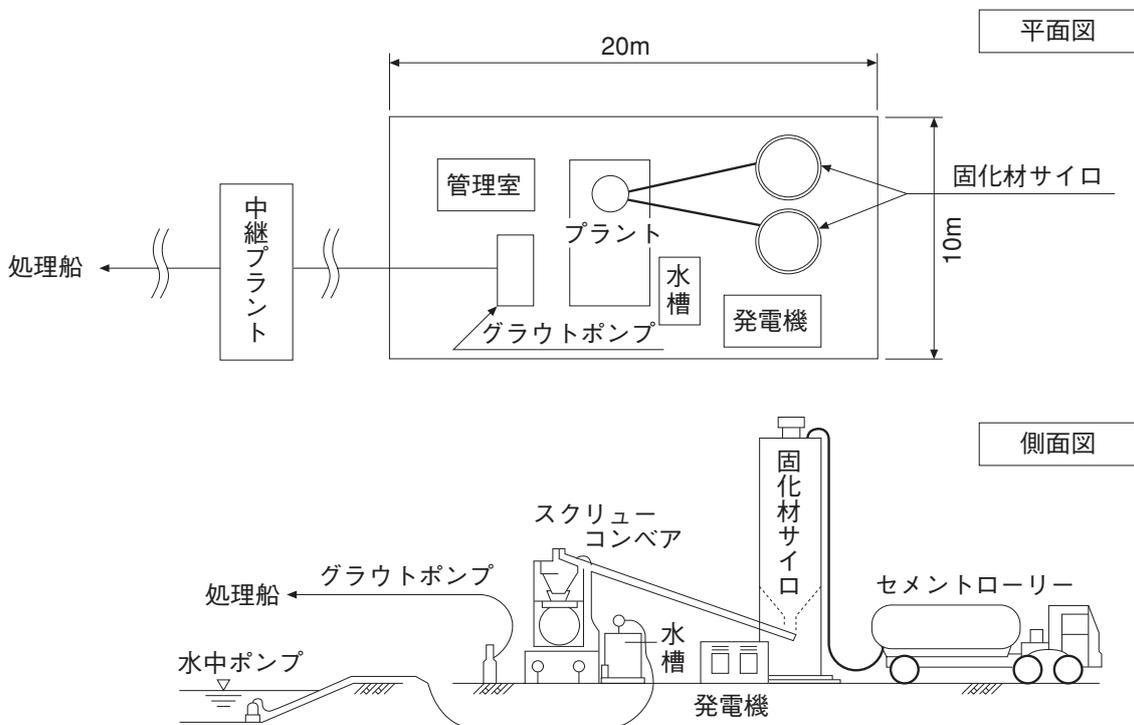


図5-8 プラント配置図

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。

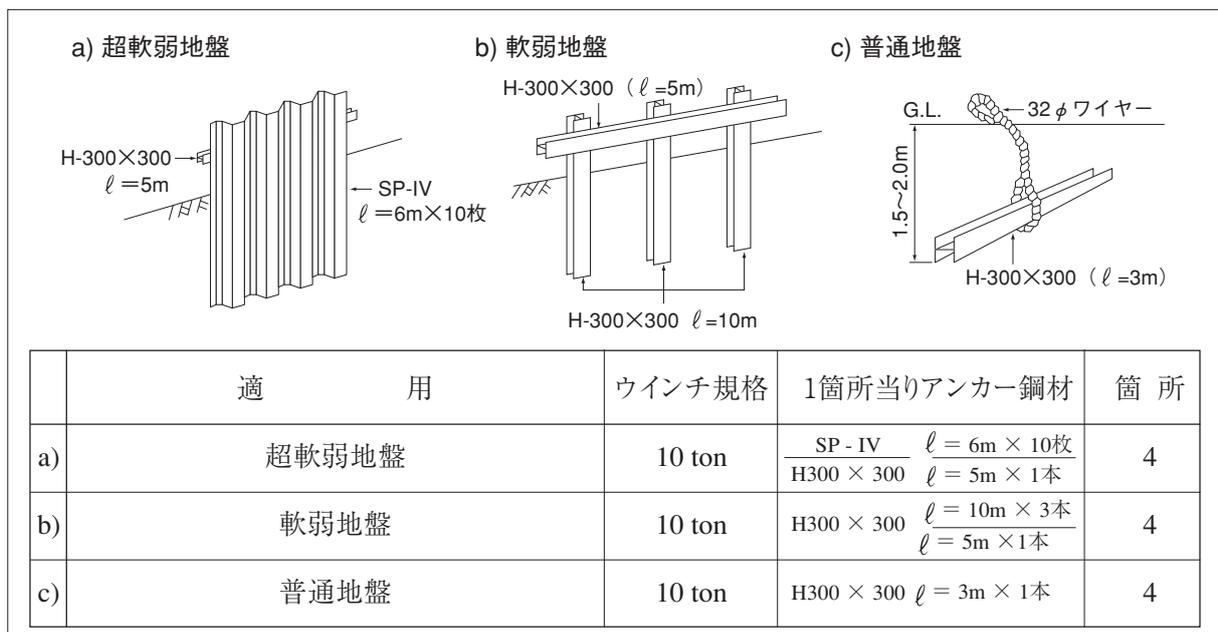
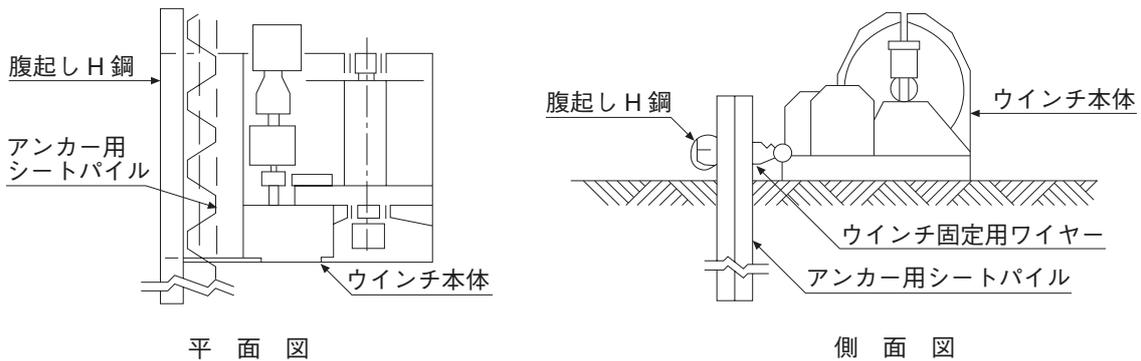


図5-9 ウインチとアンカー配置図