

3) 鉛直遮水工と堰堤等との組合せ構造

鉛直遮水工を設ける場合、既に堰堤がある場合と一緒に設ける場合では、組合せがやや異なる。以下にその代表例を示す。

○鉛直遮水工と堰堤等とを同時に設ける場合¹⁴⁾

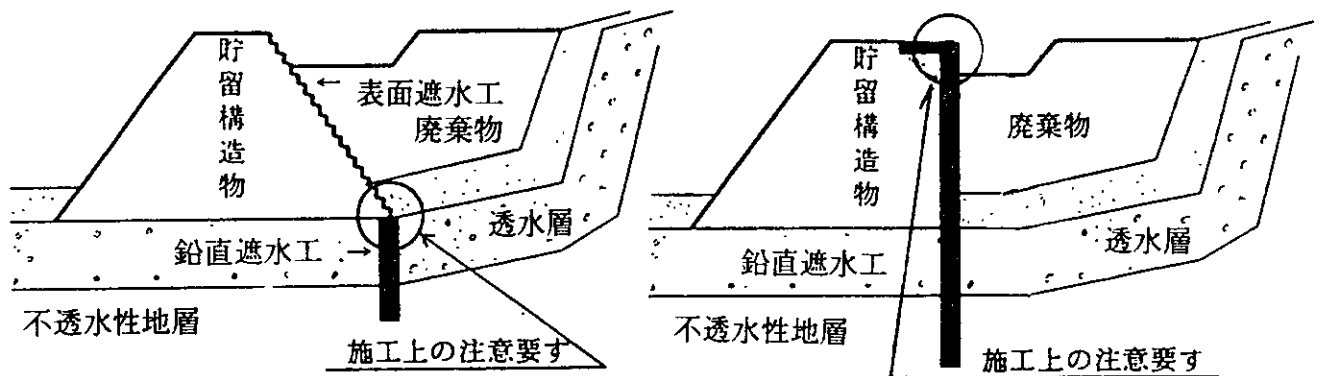


図4-1 土堰堤型式の貯留構造物の場合

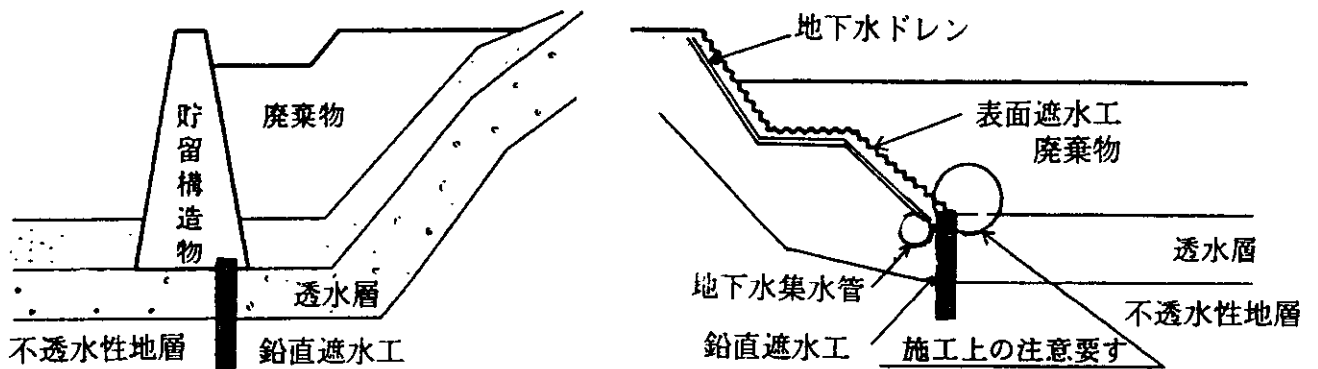


図4-2 コンクリート型式と法面部の貯留構造物の場合

○既設堰堤等に鉛直遮水工を設ける場合

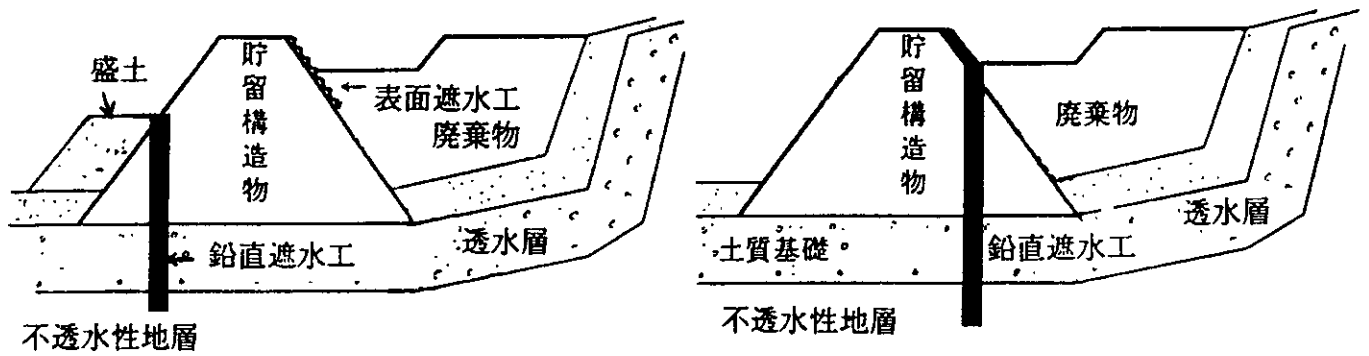


図4-3 土堰堤型式の貯留構造物の場合

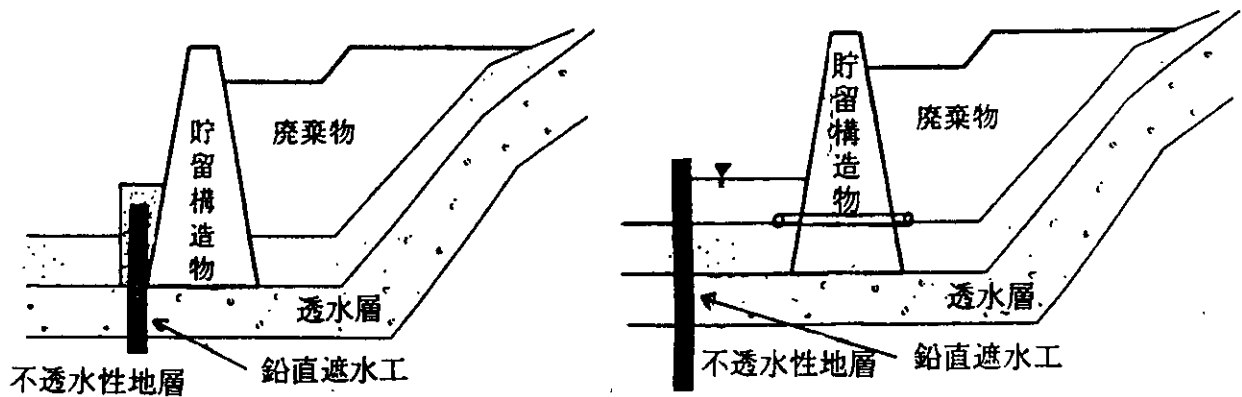


図4-4 コンクリート型式の貯留構造物の場合

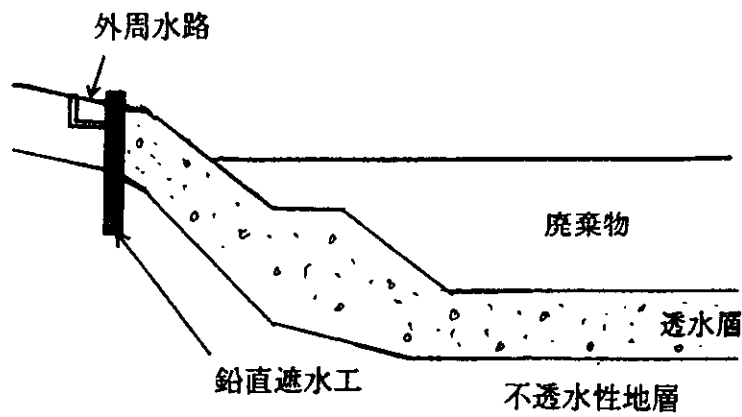


図4-5 法面部の場合

4) 適用可能な工法(例)¹¹⁾¹³⁾

(1)シート工法

シート工法には、大別して以下の2工法がある。

- A) シート打設工法
- B) 薄肉厚連続壁シート工法

A)シート打設工法

透水層をウォータージェット、オーガー等で掘削し、シートを鉛直に打設するもの。

〈 代表的な工法例 〉

○ジオ・ロック工法：高密度ポリエチレンシートを鉛直に打ち込み、連続壁を作り遮水する工法

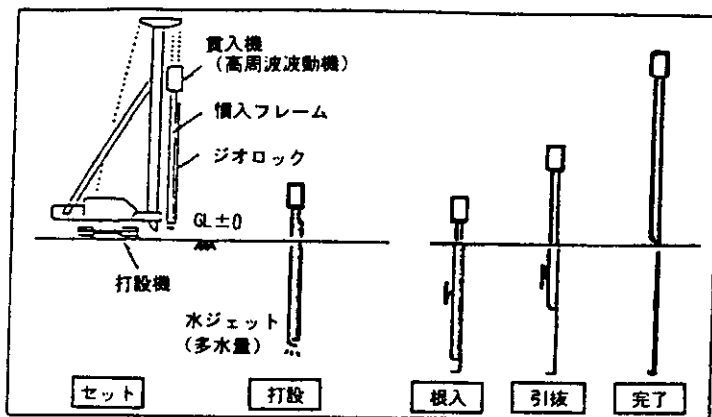


図4-1-2 ジオ・ロック工法の施工手順

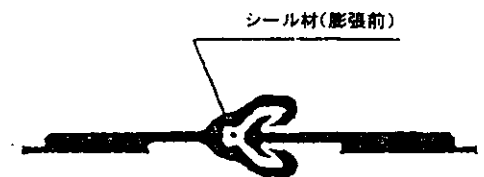


図4-1-3 ジオ・ロックの断面形状

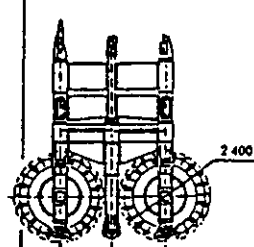
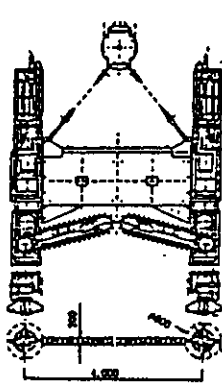
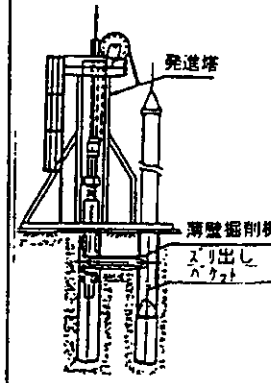
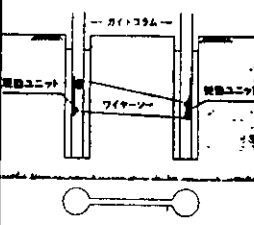
B)薄肉厚連続壁シート工法

壁厚3～20cm の薄い掘削した溝を形成し、その溝にシートを挿入しモルタル等の固化材の充填を行い遮水する工法。この薄い壁を掘削する方法として、チェーンソー、回転カッターあるいはワイヤーソー等がある。地下ダムや廃棄物処分場の止水壁等、応力部材が不要であることから止水・遮水性能を満足できるなら薄い方が経済的であることから開発されたもの。

〈 代表的な工法例 〉

代表的な工法例を表 4-1-2 に示す。

表4-1-2 薄肉厚連続壁シート工法の一覧

工法名	TTW工法	OTW工法	地中透水膜連続壁工法	7-シート工法
掘削機	ディスクカッター	チェーンカッター	チェーンソー	ワイヤソー
壁厚 (mm)	100	200	150	25
壁長 (mm)	3,360	4,800	2,300/2,800	最大10m
遮水方法	シート止水	シート止水	シート止水	シート止水、固化材
充填材料	固化材	コンクリート アスファルト	モルタル	
止水シート継手	オス・メス型継手	接着剤特殊継手	シート相互の自着方式 (パッカー圧着)	先行孔でのラップ方式
対象地盤	$q_u = 400 \text{kgf/cm}^2$	普通地盤～軟岩	$q_u = 500 \text{kgf/cm}^2$	普通地盤～軟岩
構造概要				
実績	遮水壁工事	緒切堤遮水壁工事	遮水壁工事/地下ダム工事	最終処分場止水工事

・OTW工法には、シート止水の他に鋼材・固化材による止水方法がある。

●シート工法：想定される破損・周辺環境への影響等の可能性と原因

- ・シート等の破損（施工時）
- ・難透水性地盤への根入れ不十分
- ・継ぎ手部の止水性の施工不良
- ・周辺地盤が軟弱な場合、廃棄物の重み等の応力が作用しシートが変形破断（特に硬質シートの場合）
- ・継ぎ手部及びシート自体の破損（地震時等）

(2)鋼矢板工法

鋼矢板工法には、大別して構造体と止水壁を兼ねるものと止水壁専用のものがある。

図 4-1-4 に鋼矢板工法の分類例を示す。

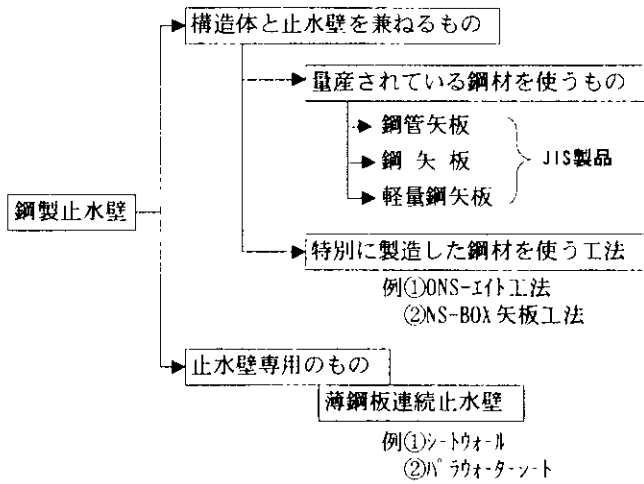


図4-1-4 鋼矢板工法の分類例

継ぎ手の部分の止水性を高める多数の改良がなされている。その代表例として、止水壁専用の薄鋼板連続止水壁の2例を示す。

○シートウォール：土中に薄い鋼板(2.7~4.5mm)による連続壁を作り、遮水する工法。継ぎ手部に難透水性の充填材を注入。

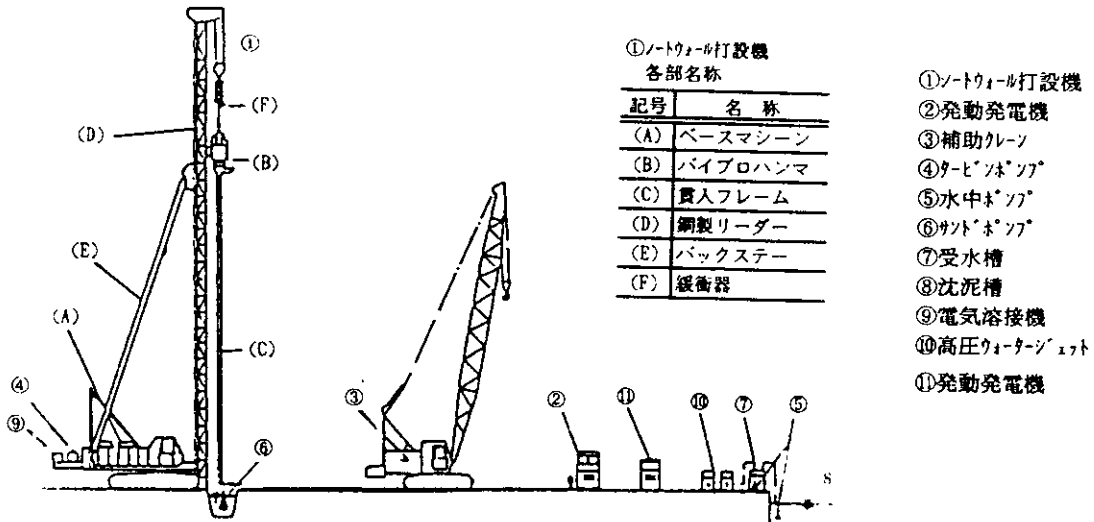


図4-1-5 パイプロ式シートウォール打設の機械構成

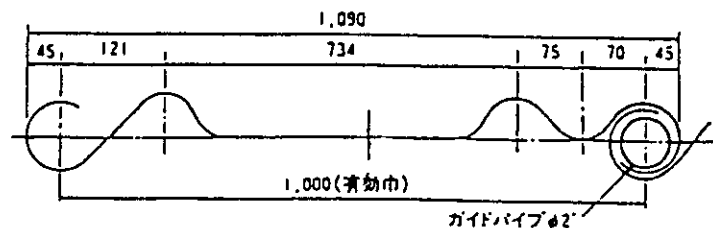


図4-1-6 シートウォールの断面形状

○パラウォーターシート：薄い鋼板シート(2.7～4.5mm)に箱形継ぎ手を設け、その継ぎ手部にグラウト剤を充填することにより止水する方法。

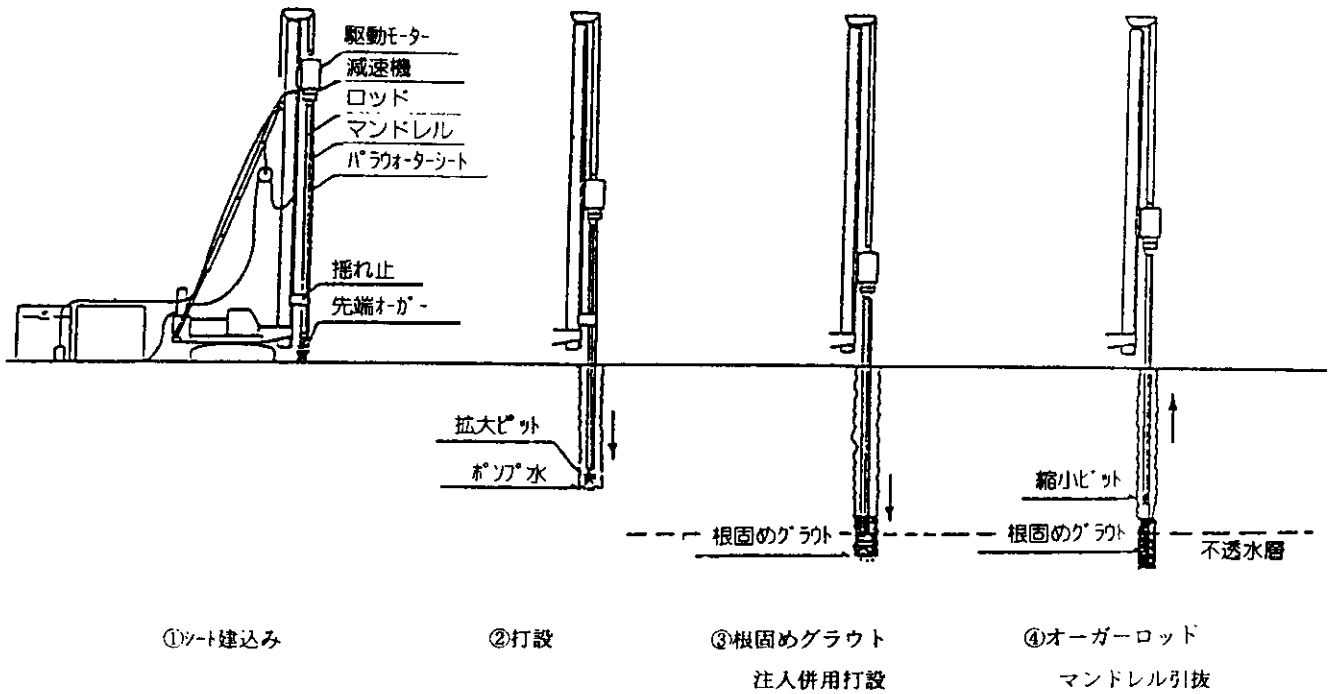


図4-1-7 オーガー併用圧入工法の施工手順

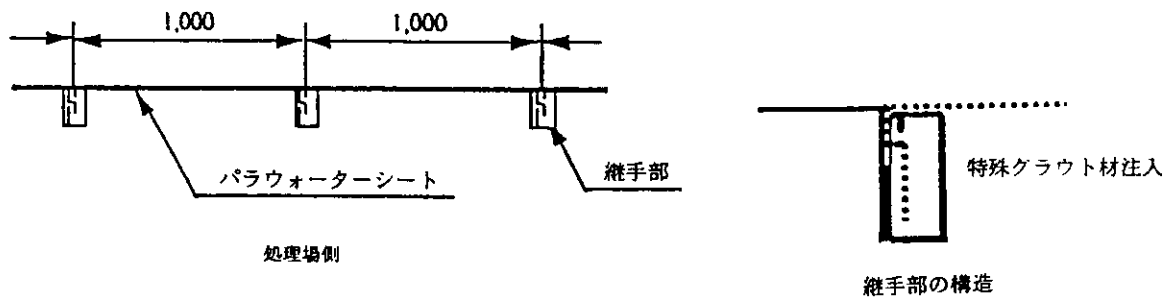


図4-1-8 継ぎ手部の構造

●鋼矢板工法：想定される破損・周辺環境への影響等の可能性と原因

- ・難透水性地盤への根入れ不十分
- ・継ぎ手部の止水性の施工不良
- ・鋼材の腐食(pHの低い地下水・浸出液、海面埋立の場合)
- ・不透水性地層が深い場合、鋼材の溶接が必要：鋼材の溶接不十分、破断
- ・周辺地盤が軟弱な場合、廃棄物の重み等の応力が作用し鋼材が変形・破断
- ・継ぎ手部の破損(地震時等)

(3)グラウト工法

グラウト工法には、土質地盤等の改良・止水を目的としたものと岩盤等の止水を目的としたものがある。止水目的に適用できるグラウト(注入剤)工法の代表例として以下の工法がある。

A)浸透性注入工法

ボーリング機械で削孔し、地盤の隙間に硬化剤を浸透注入する工法である。図 4-1-9 に注入手順を示す。

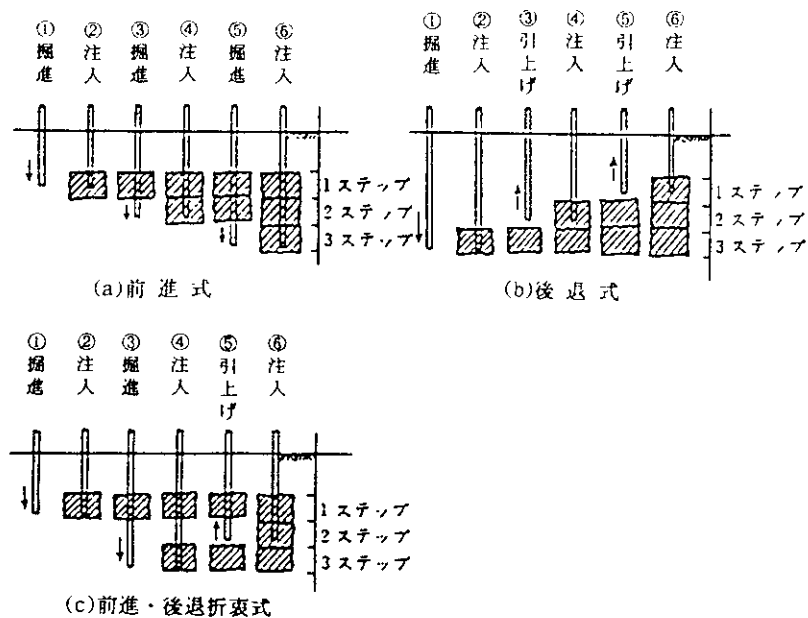


図4-1-9 注入手順

注入方式は、注入材の混合方式、注入管の構造等の組合せからなる。注入材の混合方式には、1ショット方式、1.5ショット方式、2ショット方式があり、主として使用する注入材のゲル化時間によって決まる。注入管の構造には、単管と多重管に大別され、多くの注入方式の組合せがある。表4-1-3に注入方式の特徴を示す。

表4-1-3 注入方式の特徴

注入方式	混合方式	特徴	対象地盤	注入効果
単管ロッド	1.5ショット	<ul style="list-style-type: none"> • 施工は最も簡便で作業も容易 • 安価である • 不均一な改良となる場合が多く、信頼性が乏しい 	粘性土	△
			砂	△
			砂礫	○
			互層	△
単管ストレーナー	1.5ショット	<ul style="list-style-type: none"> • 単管ロッドに比べれば信頼性はある • 注入管の通込み、注入管の砂づめ、洗浄等多数の工程が必要となる • 注入深度が深くとれない • 比較的高価である • 現在あまり使用されていない 	粘性土	△
			砂	○
			砂礫	○
			互層	△
2重管ダブルパッカー	1ショット	<ul style="list-style-type: none"> • 信頼性は高い • 注入管の通込み、シール材注入、養生等の作業を要する • 他方式に比べ、削孔径も大きく、最も高価である 	粘性土	△
			砂	○
			砂礫	○
			互層	○
2重管単相	2ショット	<ul style="list-style-type: none"> • 比較的信頼性は高い • 施工は簡便である • 比較的安価である • 2ショット方式であるため合流が完全に行われないと未反応ゲルができる可能性がある • 比較的注入圧力が高くなる 	粘性土	△
			砂	○
			砂礫	○
			互層	○
多重管複相	(1) 1.5 2) ショット	<ul style="list-style-type: none"> • 信頼性は高い • 施工はやや複雑となる • 作業性はよい • 比較的高価である 	粘性土	△
			砂	○
			砂礫	○
			互層	○

◎：良好 ○：良 △：やや不良

B) 高圧噴射式工法

超高圧噴流エネルギーの切削または混合効果を利用するもの。地盤と注入材を強制攪拌あるいは、地盤を柱状に切削して空隙に注入材を充填する工法。

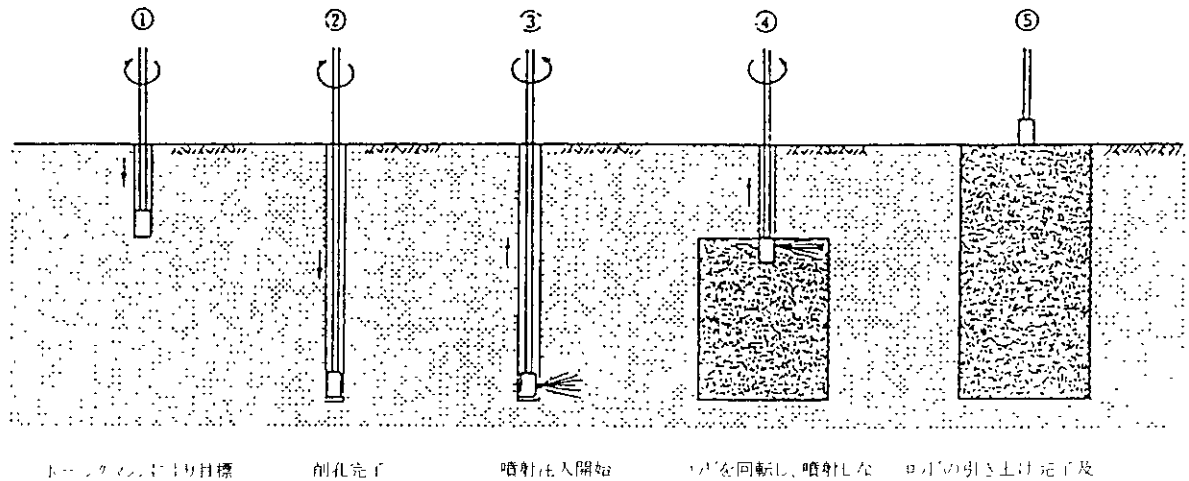


図4-1-10 高圧噴射式工法の施工手順

- グラウト工法：想定される破損・周辺環境への影響等の可能性と原因
 - ・ 注入のムラ・不足、注入不良
 - ・ 浸透性注入工法・水ガラス系の場合：溶脱
 - ・ 周辺水脈(井戸等)への混入(施工時)

(4)壁式地下連続壁工法

各種掘削機により一定幅で連続的に掘削し、コンクリート等で壁式の遮水壁を作る工法。
掘削機の改良・開発により大深度(最大 170m)まで可能。

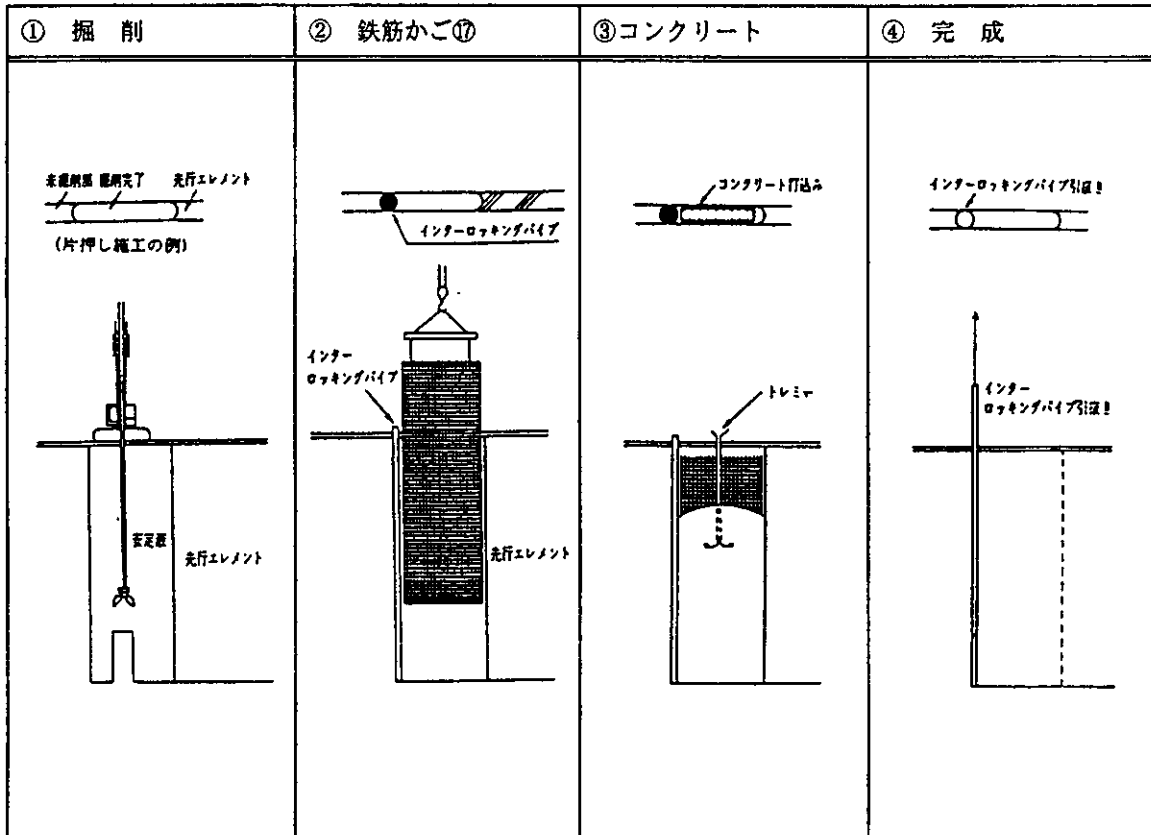


図4-1-11 連壁の施工手順

●壁式地下連続壁工法：想定される破損・周辺環境への影響等の可能性と原因

- ・難透水性地盤への根入れ不十分
- ・継ぎ手部の止水性の施工不良
- ・構造体へのクラック、継ぎ手部の破損(地震時等)

(5)ソイルセメント固化壁工法

A)柱列式

柱列杭を一系列あるいは千鳥に配置し、連続壁を作る工法。

〈 代表的な工法例 〉

○SMW壁(Soil Mixing Wall)

前述の柱列式地下連続工法の改良工法。削孔と混練の機構を有するSMW削孔混練機を用い、土中において現位置土と硬化液をミキシングし、一つの矩型エレメント(3つの柱列杭を同時施工)を作り、次に各エレメント相互をラップさせ、連続壁を作る

工法。

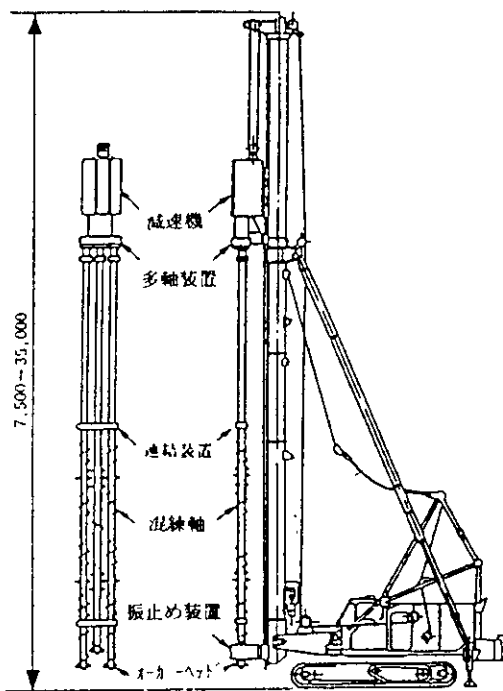


図4-1-12 SMW削孔混練機

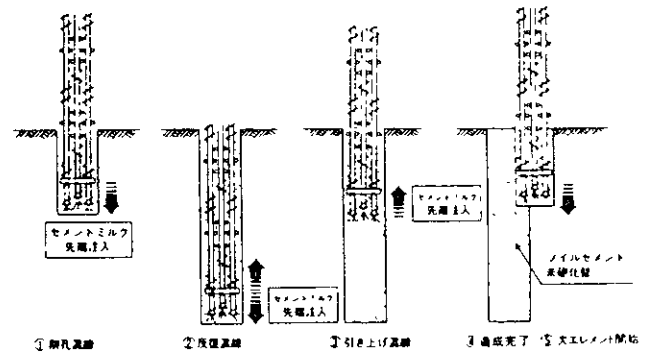


図4-1-13 SMW造壁手順

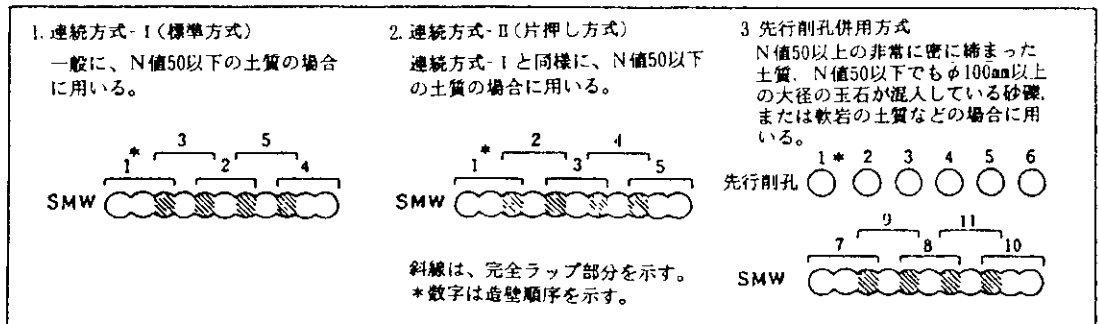
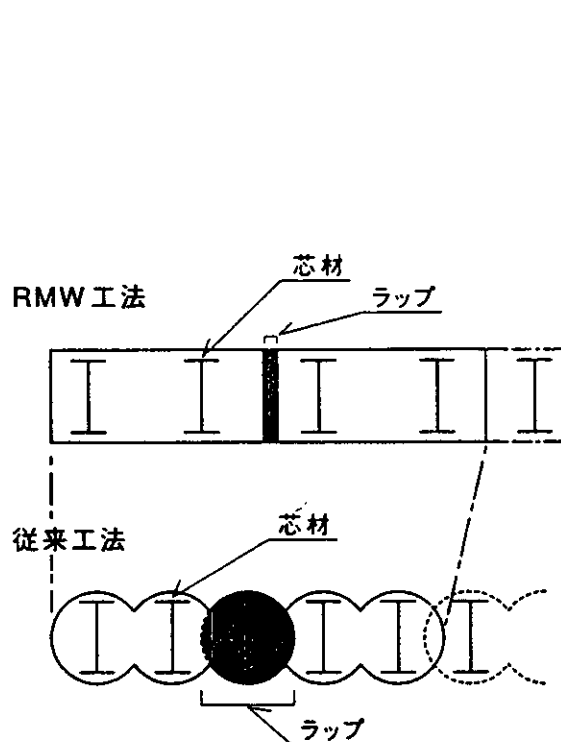


図4-1-14 SMW削孔方式

○RMW壁(Rectangular Soil Mixing Wall)

上記SMWの改良工法。杭間の止水性を高めるために、円形のを矩型の柱列壁として開発したもの。従来工法では水平攪拌翼だけで混合していたものを、RMW施工機ではさらに縦攪拌翼及びこれを回転させるギヤボックスを整え、この装置により断面を矩形状の壁体にする事ができる。



[RMW工法の特長]

- 芯材ピッチが任意
- 杭同士のラップ長が小さい
- 止水性能が向上
- 工事費の低減が可能

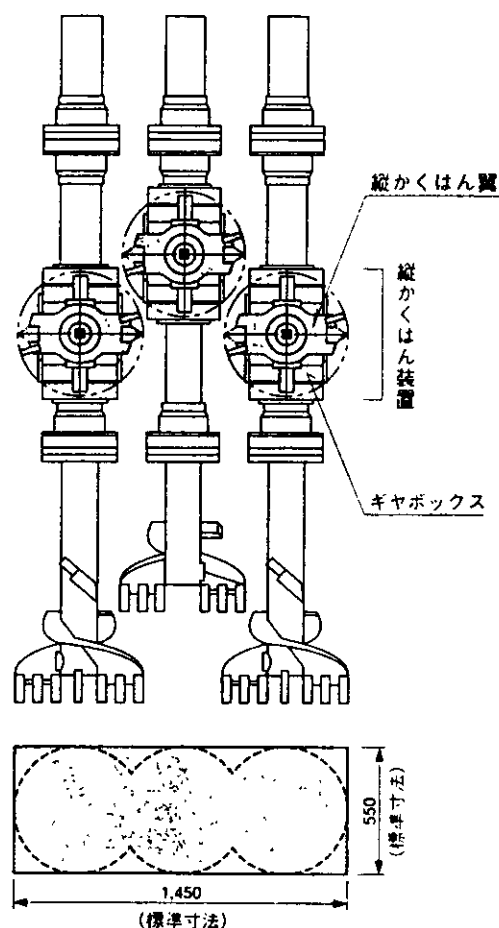


図4-1-15 RMW工法と従来工法の比較

図4-1-16 RMW縦攪拌装置

B)壁式

〈 代表的な工法例 〉

○TRD壁(Trench Cutting Re-mixing Deep Wall Method)

本工法は、地中に建込んだカッターチェーンを回転させ、カッタービットを地山に押し付けながら水平に掘削移動させ、同時にカッターポストを先端部等からセメントミルク等の固化材を注入しながら攪拌翼にて地盤と混合して連続的に固化壁を作るもの(H鋼等の芯材を挿入し、地下掘削時の土止め止水壁としても適用できる)。

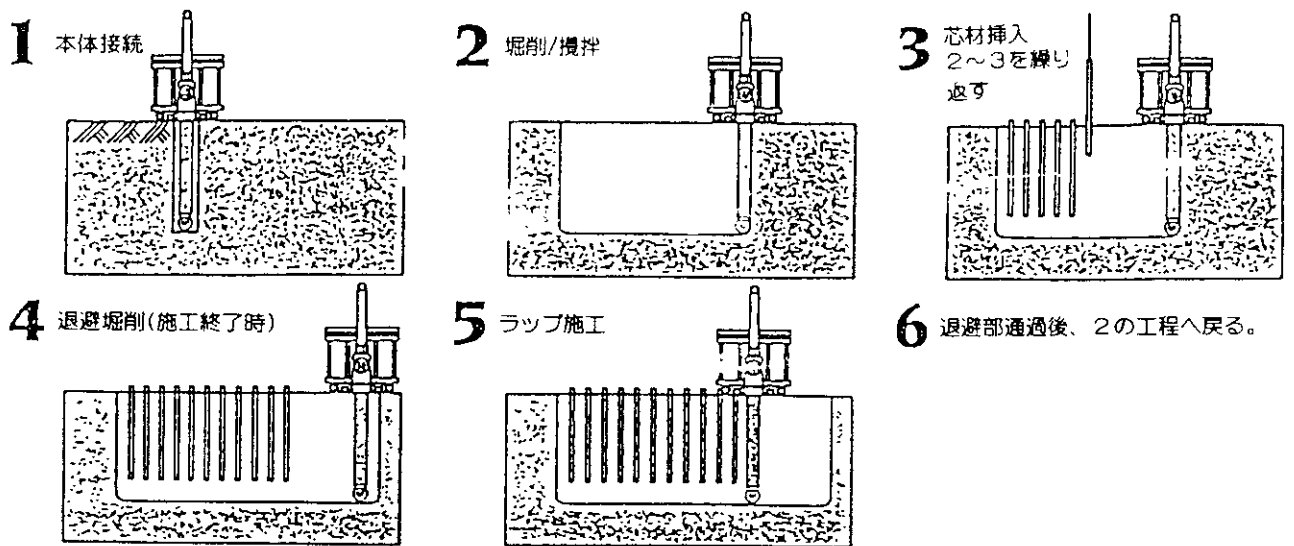


図4-1-17 TRD工法施工手順(芯材挿入の場合)

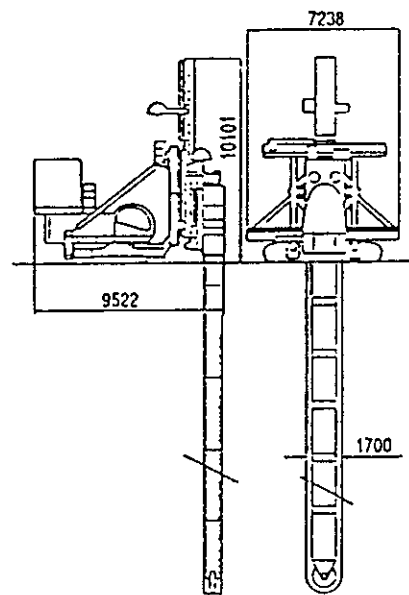


図4-1-18 TRD工法の施工装置の例

●ソイルセメント固化壁工法：；想定される破損・周辺環境への影響等の可能性と原因

- ・難透水性地盤への根入れ不十分
- ・継ぎ手部の止水性の施工不良
- ・土の練混ぜ不良
- ・構造体へのクラック、継ぎ手部の破損(地震時等)

2. 覆土・キャッピング工法

覆土、キャッピング工法の基本は表面遮水工技術であるが、適正化対策では、原則として完全な遮水を目ざすのではなく、埋立物の安定と分解に必要な浸透水はある程度供給し、浸出液処理を実施することを基本としている。

よって基本工法は覆土工法であり、比較的しまりのよい良質土を十分に転圧して覆土することと、表面の排水勾配を十分にとること、表面が流失して洗掘されないよう保護をすることが、主体となる。

尚、暫定対策として、キャッピングによる保管を検討する場合は表 4-2-2 キャッピングの特性の比較、表 4-2-3 遮水工の厚さ等、図 4-2-2 遮水シートの種類を参考に選択されたい。¹¹⁾

最終覆土の基本構造の一例を図 4-2-1 に示す。¹²⁾

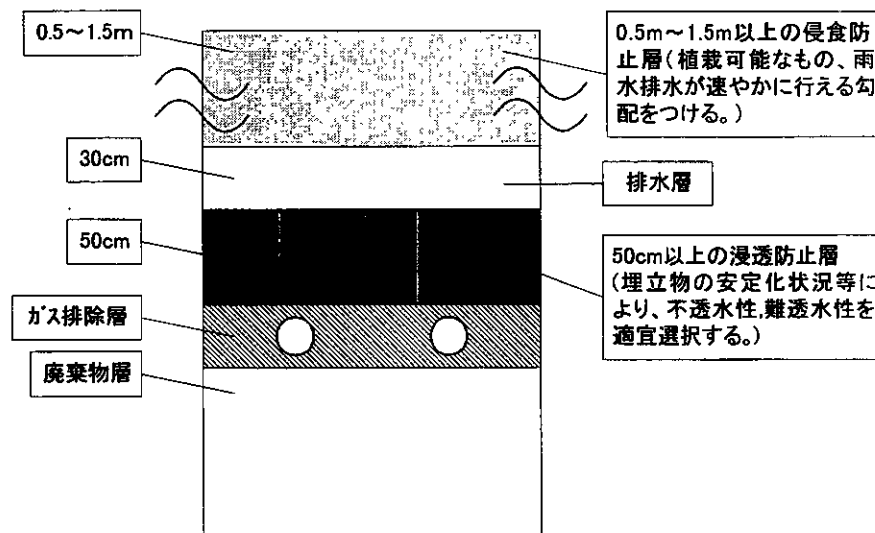


図4-2-1最終覆土層基本構造(1998.8.一部修正)

この基本構造の目的は、埋立廃棄物層への雨水浸透を最小にし、付随的に埋立廃棄物層への害虫の進入防止、埋立廃棄物の飛散流出防止、埋立廃棄物からの臭気散逸の防止を行うことである。埋立物に有機物が多く、埋立物の安定化の促進を考慮して、雨水浸透を促進させる場合は最終覆土の代わりに透水性が高い土砂で覆土する。そして、ある程度安定化が得られた後に、最終覆土を行うことが望ましい。

最終覆土は埋立物が安定化するまでは維持管理とメンテナンスが必要である。

埋立廃棄物の圧縮と分解によって生じる過剰な陥没と沈下は、最終覆土のシステムを損ねてしまう。特に、陥没は以下の事項に深く係わりを持っている。

- 1) 覆土層上の表流水の貯留(水溜まり)の形成
- 2) ガス排除システムの崩壊
- 3) 浸透防止層の崩壊

4) ジオメンブレンの沈下と破損

対応策として、埋立ゾーンと埋立廃棄物の種類と量に関するデータを整理し、各ゾーンの情報に基づいてゾーン毎の陥没と沈下の可能性について予測し、極力事前に陥没及び沈下を防止するように努めることが望ましい。

事前に沈下を防止するための手法としては、次の表 4-2-1 に示すような方法がある

表4-2-1 地盤改良工法の廃棄物埋立基盤への適用性¹⁾

工法名	工法の要点	長所	短所	適用性
置換工法	・ 廃棄物層を掘削・除去し良質土と置き換える。	・ 効果が確実 ・ 工期も短い	・ 処分場確保が困難 ・ 大量の良質土を必要 ・ 掘削時の臭気公害	△
パレット工法 (載荷盛土工法)	・ 廃棄物層厚の2倍程度の盛土による圧密	・ 載荷時に約 80% の沈下が終了 ・ 廃棄物層下部の粘性土の圧密促進効果あり	・ 層厚が大きいと効果小 ・ 粗大物が多いと効果小 ・ 盛土用土砂の配分に留意	△
重錘落下 締固め工法	・ 10～30t のハンマーを10～30m の高さから繰返し落下させて締固める。 ・ 同一地点の打撃回数を高めると効果大	・ 不均一な材料での埋立地盤に効果的 ・ 打設時のカス抜き効果大	・ 振動・騒音対策が必要 ・ ハンマー落下時の飛石に注意	◎
サンドパッキング 工法	・ 締固めた砂杭を廃棄物層中に打設して、砂杭の強度と廃棄物の締固め効果を得る	・ 空隙が大きいき効果大 ・ 改良が確実	・ 振動・騒音対策が必要 ・ 礫等が多いとき圧入困難	◎
アスファルト注入工法	・ 加熱アスファルトを廃棄物中に注入する。	・ 注入が確実だと効果大	・ 空隙からの注入材の逸失大 ・ 全体の効果の割に工費大	△

また、最終覆土層の機能を保持するために、定期的な維持管理点検を行うことが大切である。特に、地震、台風、豪雨等の異常時の後は、点検を必ず行うことが必要である。

(1) 浸出防止層への植栽

最終覆土層の浸出防止のための植栽は、その植栽の根によって侵食防止層下部の浸透防止層を破損しないよう、その種類を選定しなければならない。

(2) 最終覆土層の勾配及び排水路

雨水の表面流出を速やかに行うため、適切な表面水路もしくは簡易水路を設けるとともに最終覆土表面の勾配を十分に確保すること。圧密、沈下等による地表勾配の変化が生じた場合は、早急に修復を行わなければならない。

(3) 侵食ゾーンの修復

最終覆土の侵食防止層が侵食を受けた場合は、早急に修復を行うものとする。

表4-2-2 キャッピングの特性の比較

工法	項目	材料(工法)	施工法	遮水性	適用地盤	材料の耐久性
キャッピング	遮水シート	合成ゴム系シート	<p>廃棄物層の突起物を除去し、保護土を十分締め固めて平滑な下地をつくり、</p> <p>施工しやすい大きさに工場接着したもので溶着もしくは接着剤で接合させる。</p>	<p>遮水シート自体の遮水性は完全であるが、厚さが薄いで破断の危険がある。また、接合部の剥離の問題もある。工場成形シートは下地の凹凸や沈下には伸びで抵抗する考えになっているが引裂きには弱いので下地の仕上げに注意する。</p>	<p>土質層であれば、ほとんどに適する。斜面に施工する場合は引張り力が働くため破談することがあるので設計、施工、跡地利用時に十分な配慮が必要である。</p>	<p>耐久性はかなりあると考えられる。対薬品、油に対する耐久性は材質によって異なる。特に暴露状態がある場合は、紫外線、外気温度、オゾン等に対する耐候性も異なるので検討が必要である。シートの破損事故は埋立物の沈下によるもの、あるいは跡地利用時の配慮不足から起こることが多い。施工時の温度は品質、施工性に影響する。</p>
		合成樹脂系シート	<p>軟質ポリ塩化ビニール、エチレンビニルアセテートおよびエチレン等のシートがある。</p> <p>シートを布設する。</p> <p>施工に適した大きさのものを現場にて熱融着により接合する。</p>			
		アスファルト系シート	<p>モルタル下地等の上にゴムアスファルト系の材料を現場で吹き付ける。</p> <p>強固に締め固めた廃棄物層に下地処理を行いその上に現場吹付施工するシートである。大きな凹凸がないようにソイルライナー等で整形し、この上に吹付ける。</p>	<p>吹付けの管理をよくすれば遮水性は完全である。下地密着型はシートに引張力は働かないようになっているので伸びは少なくてもよい。</p>		
	アースライニング	<p>粘土、粘性土等の透水系数に応じて所要の厚さの盛土を行う。</p>	<p>廃棄物層を整地転圧を行い基盤造成をし、粘性土等をまき出し転圧する。不同沈下が起こらない対策が必要である。</p>	<p>遮水効果は十分期待できる。ベントナイト等を添加して遮水性を向上することもできる。</p>	<p>急斜面以外の比較的安定した地盤に適する。但し、材料の入手に問題がある。</p>	<p>廃棄物層が安定化していない場合は不同沈下でクラックが入る可能性が高いためメンテナンスが必要である。</p>
	舗装・フェーシング	<p>アスファルトコンクリートの舗装、フェーシングが一般的である。他にコンクリートの舗装、フェーシングがある。</p>	<p>一般に整地転圧して上に砂及び碎石で路盤を造成し、その上に舗装を行う。</p>	<p>沈下等による変形の可能性が少なければ遮水効果は高い。</p>	<p>不燃物主体の処分に適する。但し、有機物主体の処分地では不同沈下のためクラックが生じやすい。</p>	<p>アスファルト舗装等では劣化対策としてコーティングする場合もある。クラックのためメンテナンスが必要である。</p>

(注) EPDM：エチレンプロピレンゴムの略

表4-2-3 遮水工の厚さ等

工法	項目	考慮すべき点	一般的な厚さ	備考
キャッピング	遮水シート	合成ゴム系シート 下地の凹凸 保護材の有無 廃棄物の種類(突起、圧縮性等)	1.5mm	外傷による損傷が保護材を用いて防ぐことを原則とする。 下地整形の施工精度が悪いと破損しやすい。
		合成樹脂系シート 同上	同上	同上
		アスファルト系シート 下地の凹凸 下地整形用の吹付材料 施工精度 表面保護層の有無	3~5mm	浸出液に対する耐久性を確かめる必要がある。
	アースライニング	粒度分布、透水係数 締固め、施工精度 表面侵食、乾燥収縮クラック	0.5m以上	引張りと曲げの抵抗性が低いことを考慮する。汚染物質によってはある程度の浄化作用が期待できる。
	舗装・フローリング	透水係数 施工精度	5~10cm以上	引張りと曲げの抵抗性が小さいことを考慮する。アースライニングに比べて重量が小さく、背面水圧に対する配慮が必要である。 浸出液に対する耐久性を確かめる必要がある。

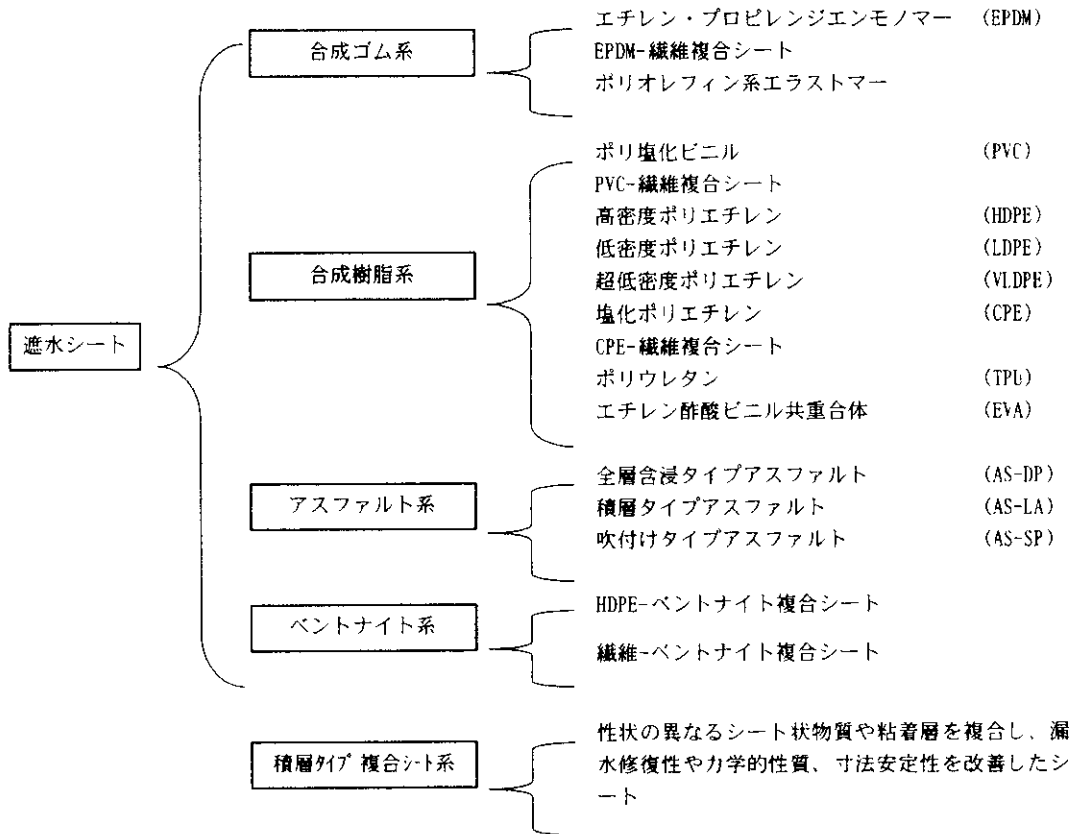


図4-2-2 遮水シートの種類¹⁾

3. 底部遮水工法

底部遮水は、埋立物を一度撤去して、表面遮水工法により、対策することが原則である。埋立物をそのままに、下部に遮水層を設ける工法としては、グラウト注入工法や高圧粉体噴射工法等が考えられるが、品質の確保と確認が困難なため、採用に当っては地質条件、施工精度、品質管理等、慎重な検討が必要である。(第4章 4-1③グラウト工法参照)

4. 地下水制御工法

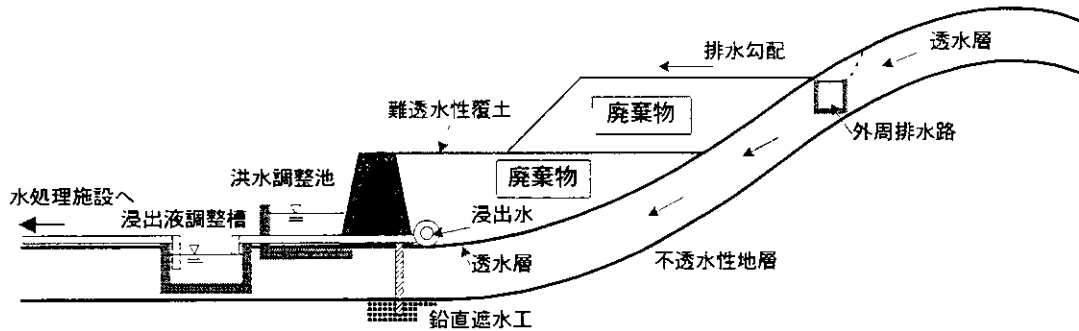
地下水制御工法には、揚水工法によって地下水の流れをコントロールして、拡散を防止する方法と、鉛直遮水工法との組合せにより地下水位を制御して拡散を防ぐ方法があるが、前者は制御の難しさと、設備にトラブルが発生した場合、ただちに汚水が拡散することになるため、恒久対策として採用することは難しい。但し、対策工事に先行して応急対策としては有効である。(図 6-1-1 参照)

後者は、透水性地盤を鉛直遮水工で囲み、内部地下水位を揚水により低下させ、周囲への拡散を防止する場合等に採用が可能である。(4-7(2)の図参照)

5. 対策工法の適用例(図)

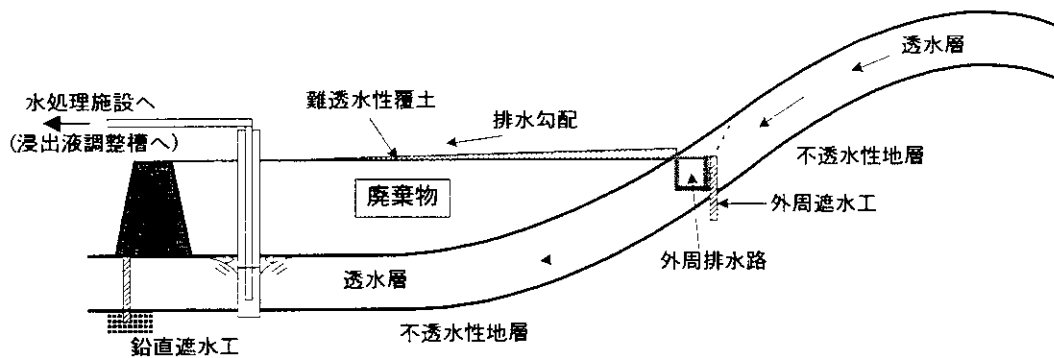
1) 山谷型処分場

①ケース1(浸出液 自然流下方式)



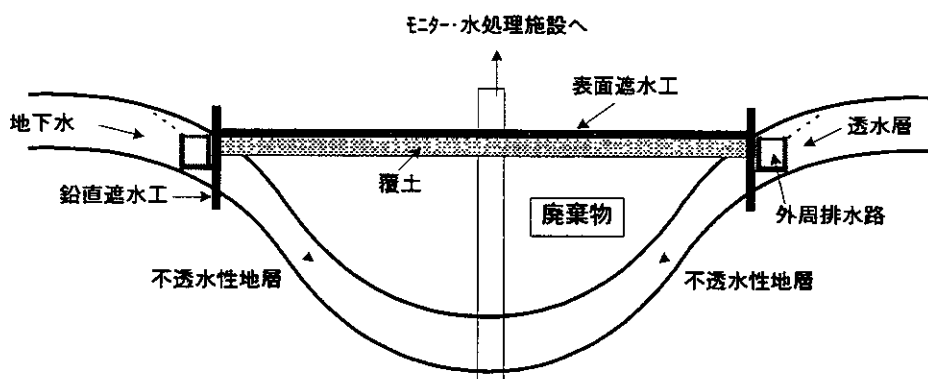
* 周囲の地下水が集まることにより、自然流下で浸出液を排除する。浸出液量は多くなる。

②ケース2(浸出液 ポンプアップ方式)



* 揚水ポンプにより強制的に浸出液を排除するため、外周の地下水を遮断することにより、浸出液量を低減させることができる。

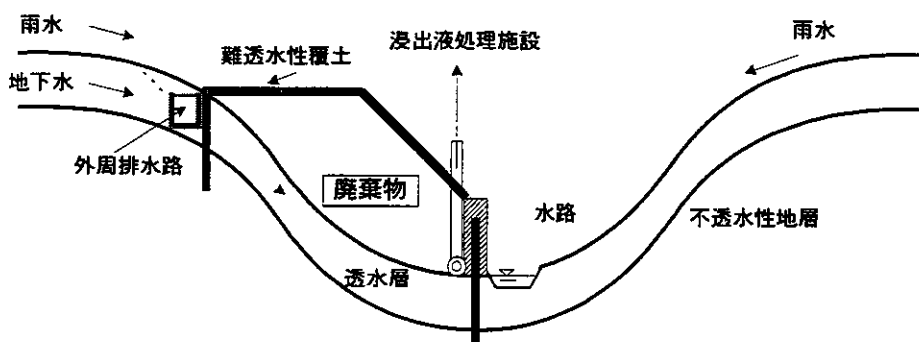
③ケース3(浸出液 封じ込め方式)



* 外周を全て仕切り、表面を遮断することで封じ込める。ガス抜設備を必ず設けることが必要である。通常は浸出液のモニターを行い、万一、異常が発生した場合はモニター井を使って揚水し、水処理が行えるようにしておくことが望ましい。

2) 平地・沢型処分場

①ケース4(山留め壁工法)



* 沢や谷津田の片側のみを利用して、埋立処分されているケースに適用する。埋立法面の下端部に鉛直遮水兼山留め壁を設置し、埋立地表面を覆土することにより、適正化を図る。地形条件によっては、浸出液はポンプアップ、自然流下のどちらも可能である。