

へ) 廃棄物層地盤改良工法(浅層混合処理工法) (表 6-17)

廃棄物層地盤改良工法(浅層混合処理工法)は、バックホウ等を用いて改良対象地盤を平面的に掘削し、50 cm～3 m 程度の深さまで石灰・セメント・セメント系固化材等を混合しながら埋め戻す工法である。埋め戻しの際は厚さ 30 cm～50 cm 程度の間隔でローラーやランマーにより十分に転圧し締め固め、地盤の強度を高める。

または、機械攪拌翼や高圧噴射によりセメントスラリー等の固化材を原位置材料と攪拌混合して固化させる工法がある。機械攪拌工法は、深さ 10 m 程度まで対応可能な工法もある。

埋立地では、廃棄物層と改良材を混合し廃棄物層を固化する方法や、覆土等に改良材を混合して表層を固化する方法が用いられている。改良材としては、セメント、石灰等が用いられる。

腐敗・分解物が多い埋立廃棄物の場合、腐敗・分解の進行により固化材の強度が低下するおそれがあるので留意する必要がある。また、プラスチック等シート状の廃棄物が多い場合、改良材が均一に注入できないおそれがある。

なお、埋立廃棄物の固化により分解が遅延したり、水質が変化したりするおそれがあるので留意が必要である。

ト) 深層混合処理工法 (表 6-18)

深層混合処理工法は、セメント・セメント系固化材を用いて深層の地盤を改良する工法である。先端からセメントスラリー等を吐出するドリル状のヘッドを施工機にて掘進させ、グラウトポンプから送られてきたセメントスラリー等と原位置の土や廃棄物を混合・攪拌して柱状の改良体を作るものである。

この工法は、施工方法により CDM 工法、DJM 工法、二重管注入工法等がある。一般に、深度 20 m 以上の地下部の改良となることから高価である。また、底部の軟弱地盤の層厚が厚い場合は、莫大なコストが必要となり実質的に実施困難となりやすい。

深層部の廃棄物層を改良するか、廃棄物層を貫通して軟弱な遮水層として機能する底部地盤を改良することとなるので、遮水層の機能維持と保有水等の漏えいに留意する必要がある。

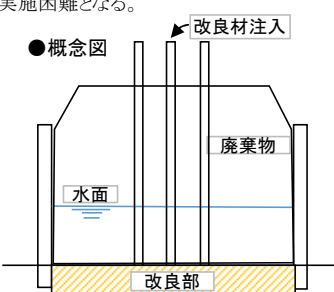
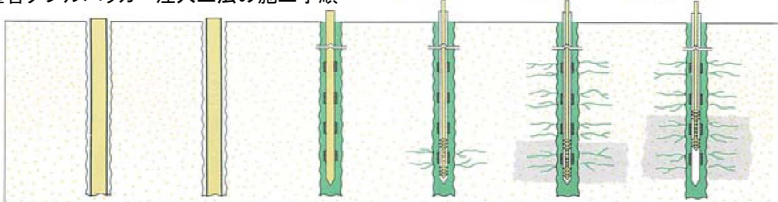
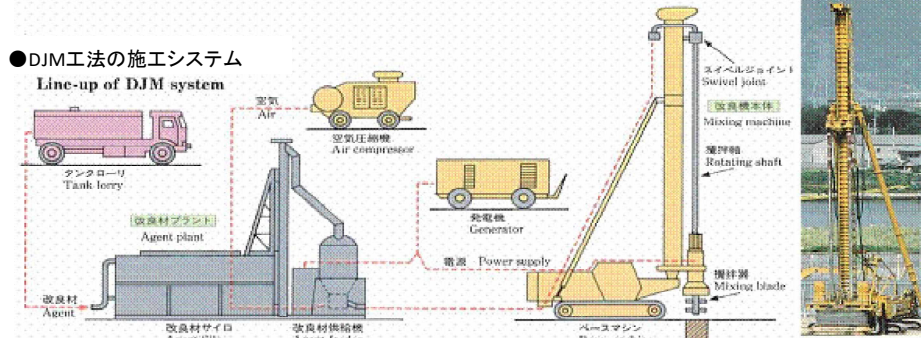
また、廃棄物の掘削時は、ガスによる火災・爆発、酸欠等に留意する必要がある。

さらに、掘削した廃棄物を適正に処分する必要がある。

表 6-17 廃棄物層地盤改良工法（浅層混合処理工法）

適用区分	地盤沈下対策、液状化対策
促進技術	廃棄物層地盤改良工法(浅層混合処理工法)
適用部位	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 廃棄物層 底部地盤 </div>
技術の概要	<p>○バックホウ等を用いて改良対象地盤を平面的に掘削し、50cm～3m程度の深さまで石灰・セメント・セメント系固化材等を混合しながら埋め戻す。埋め戻しの際は厚さ30cm～50cm程度の間隔でローラーやランマーにより十分に転圧し締め固める工法である。</p> <p>○または、機械攪拌翼や高圧噴射によりセメントスラリー等の固化材を原位置材料と攪拌混合して固化させる工法がある。機械攪拌工法は、深さ10m程度まで対応可能な工法もある。</p> <p>○埋立地では、廃棄物層と改良材を混合し廃棄物層を固化する。または覆土等に改良材を混合して表層を固化する。</p> <p>○改良材としては、セメント、石灰等が用いられる。</p> <p>○改良材の混合方法は、改良深度が浅い場合は掘削混合、改良深度が深い場合は機械攪拌または高圧注入などがある。</p> <p>○腐敗・分解物が多い場合、腐敗・分解の進行により固化材の強度が低下するおそれがある。</p> <p>○プラスチック等シート状の廃棄物が多い場合、改良材が均一に注入できないおそれがある。</p> <p>○固化により分解が遅延したり、水質が変化するおそれがある。</p> <p>○在来地盤が沈下するような場合は、廃棄物層だけを固化しても沈下が抑制できない場合がある。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>●概念図</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>●バックホウによる掘削攪拌工法の例</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%;"> <p>●機械攪拌工法の例</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>●機械攪拌工法の施工手順例</p> </div> </div>
構造物への影響	<p>○改良材の添加により廃棄物の単位体積重量が増加するので、護岸等に働く荷重が増加するおそれがある。</p> <p>○集水管やガス抜き管は、改良材に注入により閉塞するおそれがある。</p>
埋立管理への影響	<p>○埋立廃棄物の表層が固化され、その下部に廃棄物が存在する場合、ガスの放出が抑制され、特定の場所に滞留・放出される可能性がある。</p> <p>○固化により透水性が低下し、雨水等の浸透量が減少することから、保有水等の水質が変化する可能性がある。</p>
適用事例	<p>○大阪湾広域臨海環境整備センター 泉大津沖埋立処分場</p> <p>○大阪湾広域臨海環境整備センター 尼崎沖埋立処分場</p>

表 6-18 深層混合処理工法

適用区分	地盤沈下対策、液化化対策
促進技術	深層混合処理工法
適用部位	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> ○ 廃棄物層 ○ 底部地盤 </div>
技術の概要	<p>○深層混合処理工法は、セメント・セメント系固化材を用いて深層の地盤を改良する工法である。先端からセメントスラリー等を吐出するドリル状のヘッドを施工機にて掘進させ、グラウトポンプから送られてきたセメントスラリー等と原位置の土を混合・攪拌して柱状の改良体を作る。</p> <p>○この工法は、施工方法によりCDM工法、DJM工法、二重管注入工法等がある。</p> <p>○深層部の廃棄物層を改良するか、廃棄物層を貫通して軟弱な遮水層として機能する底部地盤を改良することとなるので、遮水層の機能維持と漏えいに留意する必要がある。</p> <p>○廃棄物の掘削時は、ガスによる火災・爆発、酸欠等に留意する必要がある。</p> <p>○掘削した廃棄物は適正に処分する必要がある。また、保有水等も排出されるので、必要に応じて適正に処理する必要がある。</p> <p>○一般に、深度20m以上の地下部の改良となることから高価である。</p> <p>○底部の軟弱地盤の層厚が厚い場合は、莫大なコストが必要となり実質的に実施困難となる。</p> <div style="text-align: right;">  <p>●概念図</p> <p>改良材注入</p> <p>水面</p> <p>廃棄物</p> <p>改良部</p> </div> <p>●二重管ダブルパッカー注入工法の施工手順</p>  <ol style="list-style-type: none"> ①高性能の前孔機を用いてφ100mm前後の孔径にて所定深度まで作孔する。 ②ケーシングの中に独自のスリーブグラウトを注入する。 ③スリーブグラウト注入後マンシエットチューブを建込みケーシングを引き抜く。 ④マンシエットチューブの中へダブルパッカーを装着し注入パイプを建込み1次注入(セメント・ペントナント液)を行い、地盤の流づめを図る。 ⑤1次注入完了後、低粘度の溶液型水ガラス液を注入し粒子間浸透を図る。施工は33cmのステージにて順次ステップアップを繰り返し、完全な改良地盤が形成される。 <p>●DJM工法の施工システム</p> <p>Line-up of DJM system</p>  <p>タンクローリー Tank lorry</p> <p>改良材プラント Agent plant</p> <p>改良材サイロ Agent Silo</p> <p>改良材供給機 Agent feeder</p> <p>空気 Air</p> <p>空気圧縮機 Air compressor</p> <p>発電機 Generator</p> <p>電源 Power supply</p> <p>ベースマシン Base machine</p> <p>改良機本体 Mixing machine</p> <p>攪拌軸 Rotating shaft</p> <p>攪拌翼 Mixing blade</p> <p>スワivelジョイント Swivel joints</p>

チ) 複合管杭打ち工法 (表 6-19)

複合管杭打ち工法は、最初にケーシングを圧入し、ケーシング内の廃棄物を除去した後、その空間に本杭を打設する工法であり、二重管杭工法と三重管杭工法がある。

底面遮水層を貫通する基礎杭打設工法について、跡地形質変更ガイドラインでは、工法の採用に当たっては実験等を含めた十分な調査・検討が必要であると位置づけられている。

港湾事業においては、港湾機能を十分に発揮する観点から、廃止前を含む処分場跡地において、底層利用や廃棄物層の地盤改良を伴うような大型構造物を設置する高度利用を必要とする事例があり、国土交通省港湾局により、「港湾における管理型海面最終処分場の高度利用の指針—底面遮水層を貫通する杭の施工にあたって—平成 31 年 3 月 管理型海面処分場の利用高度化技術に関する委員会」³⁴⁾ (以下「指針」という。) が公表されている。以下に引用して概要を示す。

・事前調査

底面遮水層を貫通する杭の打設に必要な情報を得るため、既往資料の調査やボーリング等試掘を実施し、埋立廃棄物に関する調査、底面遮水層 (在来粘性土層) に関する調査及び底面遮水層より深い位置に存在する帯水層に関する調査を実施する。加えて、廃棄物埋立地内部及び地表面における可燃性ガス等の調査など、跡地形質変更ガイドラインに準拠した内容の事前調査を行う。

・施工

底面遮水層を貫通する杭打設に当たっては、杭打設により廃棄物を連れ込まないこと、底面遮水層の損傷によっても遮水機能を維持する必要がある。具体的な施工の方法については、指針に定める他、跡地形質変更ガイドラインに準拠する。

底面遮水層を貫通する杭の打設工法の選定に当たっては、埋立廃棄物の種類や層構成、底面遮水層の厚さや透水係数ならびに構造物設計から決まる杭仕様を基に、適切な工法を選定する。

指針では、廃棄物層を貫通する際の杭打設工法として、二重管杭工法を推奨する。

二重管杭工法は、オールケーシング工法により廃棄物を掘削・除去し、廃棄物のない空間に本杭を打設する工法であり、本杭周面と底面遮水層の密着により遮水性を確保する工法である。

この工法は、杭打設試験工事により、杭打設によって杭先端部における廃棄物の連れ込みが生じないこと、また、底面遮水層を貫通しない条件下での透水試験において、杭周面からの保有水等の移流の影響がほとんどないことが確認されている。加えて、この工法は、三重管杭工法をベースとし、外周管を省略したものであり、より効率的で安価な施工が可能となり、底面遮水層を貫通する杭の打設工法として広く適用可能な工法となることから推奨工法としている。

三重管杭工法は、オールケーシング工法により廃棄物を掘削・除去し、廃棄物のない空間に遮水性の確保を目的とした外周管を打設した後、本杭を打設し外周管と一体化する工法である。

この工法は、処分場建設時の既往資料等により、底面遮水層が基準省令による遮水工の構造基準に規定される透水係数及び厚さに余裕がないとされている場合、本杭に場所打ち杭を用いる場合、本杭表面に附属品による凹凸があることで本杭周面の遮水性が損なわれる可能性がある場合など、この工法以外の工法では本杭周面の遮水性が保証できないような、極めて特殊な条件下に限り、適用を検討する。

なお、単管杭工法 (打撃・廃棄物掘削除去併用工法、中掘り・廃棄物掘削除去併用工法) は、打撃あるいは中掘り圧入により、廃棄物地盤に直接本杭を打設する工法である。杭打設試験工事の結果から、杭打設により廃棄物を連れ込むおそれが高いため、現時点では推奨しない。

表 6-19 複合管杭打ち工法

適用区分	地盤沈下対策、液状化対策
促進技術	複合管杭打ち工法
適用部位	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> 廃棄物層 底部地盤 </div>
技術の概要	<p>○複合管杭打ち工法は、最初にケーシングを回転(あるいは動揺)して圧入し、内部の廃棄物を除去した後、内部に本杭を打設する工法であり、二重管杭工法と三重管杭工法がある。以下に二重管杭工法³⁴⁾について概要を示す。</p> <p>○二重管杭工法の概要 オールケーシング工法により廃棄物を掘削・除去し、廃棄物のない空間に本杭を打設する工法であり、三重管杭工法をベースとし、外周管を省略した効率的で安価な工法である。この工法は、現地における実物大の実証試験の実績があり、杭打設により廃棄物を連れ込まないこと、また、底面遮水層を貫通しない条件下での透水試験において、杭周面からの保有水等の移流の影響がほとんどないことが確認されている。本技術の適用範囲は、様々な廃棄物による埋立地盤に対して適用可能である。</p> <p>○技術的な特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・三重管杭工法と比べ、オールケーシング工法による掘削廃棄物の量が少なくなる。 ・ケーシングと本杭の間詰め材にセメント系の材料を使用する場合、廃棄物層内の温度を考慮する必要がある。 ・廃棄物層の掘削にあたっては、発生ガス対策を行う必要がある。 ・三重管杭工法よりも安価で短い期間での施工が可能である。 <p>○施工手順の概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本杭の打設工法として中掘り工法と打撃工法が適用できる。 ・杭打設にあたっては、まず、オールケーシング工法により、廃棄物層を貫通して底面遮水層上部から1~2m程度まで削孔する。この時、底面遮水層を掘削した際の排土に廃棄物の混在が確認された場合には、更にハンマーグラブ等により廃棄物等の除去を行う。当該排土に廃棄物が混在していないことが確認された後、孔底部における廃棄物の有無をカメラ観察により確認する。 ・この時、万が一廃棄物が確認された場合には、同工法により更に排土し、再度、孔底部におけるカメラ観察を行い、ケーシング内の廃棄物が完全に除去されていることを確認する。 ・次に、廃棄物の除去完了深度から2.5m以上の深度を目安に本杭を打設する。本杭打設によっても遮水性が確保されていることを確認するため、本杭水位を保有水等の水位より2m程度下げ、24時間以上水位観測を行う。 ・この時、万が一水位変動が確認された場合には本杭を更に1m程度打設し、再度水位観測を行う。 ・水位観測により遮水性が確認された後、設計深度まで本杭を打設し、ケーシングの撤去及び間詰めを行う。 ・施工中における廃棄物の除去の確認及び杭内の水位観測については、底面遮水層を5m以上確保した深度まで完了するものとする。 <p>○施工中における確認事項</p> <p>二重管杭工法による底面遮水層を貫通する杭の打設にあたっては、本施工に先立ち試験杭を施工し、廃棄物埋立地盤に対する施工性を確認する。本施工においては、施工中、杭打設による廃棄物の連れ込みがないこと、杭周面における遮水性の低下がないことを確認する。</p> <p>○共通</p> <ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物の掘削時は、摩擦熱等によるガス爆発や酸欠に留意する必要がある。 ・掘削した廃棄物は、適正に処分する必要がある。 ・掘削時に廃棄物とともに保有水等も排出されるので、必要に応じて水処理が必要となる。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>●三重管杭工法の概念図³⁴⁾</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>●二重管杭工法の概念図³⁴⁾</p> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>オールケーシング工法で廃棄物層を掘削・除去</p> <p>↓</p> <p>本杭を打設し、ケーシングとの間に間詰め材(セメント系等)を注入</p> <p>↓</p> <p>ケーシング引抜き</p> </div> </div> <p style="font-size: small; margin-top: 10px;">出典: 34) 港湾における管理型海面最終処分場の高度利用の指針-底面遮水層を貫通する杭の施工にあたって-平成31年3月 管理型海面処分場の利用高度化技術に関する委員会(国土交通省港湾局委託)</p>
構造物への影響	<p>○遮水層を貫通した施工であるので、遮水機能が低下しないように注意をする必要がある。</p> <p>○集水管やガス抜き管が設置された場所に施工する場合は損傷のおそれがあるので、切り替え等が必要である。</p>
埋立管理への影響	○特になし。
適用事例	○東京臨海道路(東京都中央防波堤外側埋立処分場) 場所打ち杭(三重管杭工法)