

建設発生土・泥土をリサイクルできる環境にやさしい工法



流動化処理工法 (LSS工法[®])

真に信頼できる
埋戻し・裏込め工法を目指して



流動化処理工法研究機構

流動化処理工法とは

昭和50年代半ば頃だったでしょうか。それまではあまり気になりませんでした。が、構造物基礎や地中構造物、及び都市の各種ライフライン等の埋戻しや裏込めに際して、施工後、時を経て当該路面に陥没や、不測の不陸が生じ始めたことによる障害、事故が多発し始めました。

その以前は、このような地下構造物の埋戻し工事の際に採用されていた埋戻し工法には、良質な砂、砂利を主体とした「川砂」で水締め打設する方法が主に用いられてきていましたが、その頃から「川砂」の採取が制限されるようになって、代わりに、「山砂」が使われるようになりました。

しかし、同じ「砂」と言っても、「山砂」はかなりの量のシルト、粘土の細粒分も含んだ、いわば「砂質土」と称すべきもので、決して「砂」に代わる材料ではなかったのです。

従って、「砂質土」を用いて地山との間に残された狭隘な掘削空間を埋戻し、十分な締固めがしにくいままに供用した場合には、埋戻し部の緩い砂質土は地下漏水によって浸食され始め、結果として地中に思わぬ空洞を発達させてしまったために、路面の不陸、ひいては路面陥没につながる災害の原因になっていたと判断されますし、確かに下水管内に多量の流出砂質土の堆積が確認されました。

この実状を憂い、それに誘引されたと思われる不測の地中空洞の補填を含めて、締固め不要な、いわば「土のコンクリート工」とも見なせる「土の流動化処理工法」の開発を試みました。勿論、それ以前に開発された、より高品質な埋戻し材や、水中盛土技術をも参考にして、より入手しやすい土質材料を活用し、用途別に、技術的にも、経済的にも、より広範な要求に対応が可能な当工法の開発を続けてきました。そして平成になって、先の建設省総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発」の一環として、当時の建設省土木研究所と日本建設業経営協会中央技術研究所が行った、流動化処理土の利用技術に関する4年間の共同研究により、流動化処理工法の効用と、その実用性の第一段階の確認を得ることができました。

平成9年、上記プロジェクトの終結に伴い、共同研究に参画した各社を主体に、広く当工法に対する理解者及び協力者を求め、更なる研究の充実、広い視野に立っての利用促進を図るべく「流動化処理工法研究機構」を設立し、研究、普及活動を活発に続けてきました。

本機構の設立前、及び設立後の我々の流動化処理土の施工実績の推移を図示しました。平成10年、11年にかけて東西都市圏において大規模な地下鉄関連工事が集中したこともあって、その間の実績は急激に増加し、それに応ずることで技術を更に習熟し得たことは幸せでした。そしてこの間、当工法に協賛された会員の分布が都市域に限

られず、全国規模に広がり始めたことは大変心強く思います。

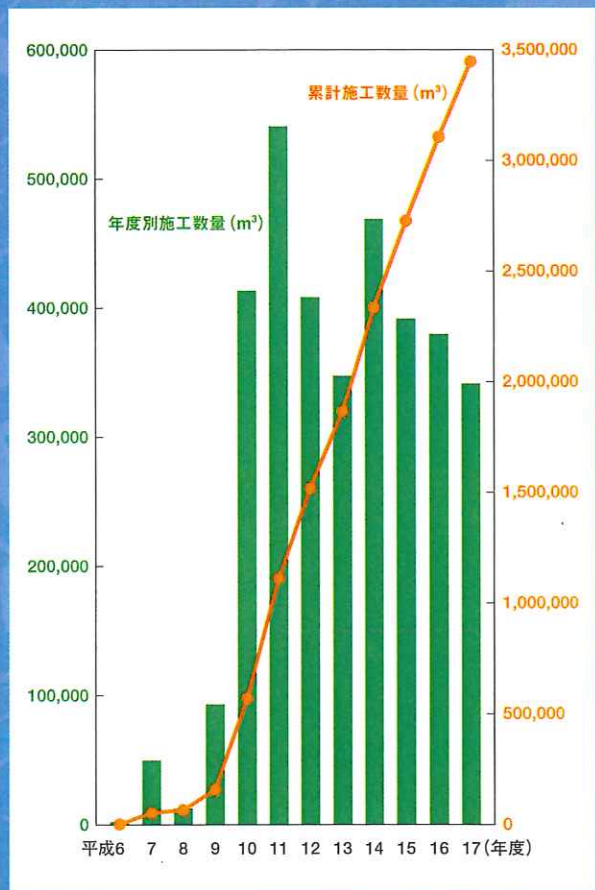
この段階で、本機構に対する建設業界の広いご理解により、「流動化処理工法」は一応の市民権を得たものと感じております。しかし、その有用性が認められ、施工対象も、施工量も増えるにつれて、個別に当工法、並びに処理土に関する技術的研究、普及に励むことが許されぬ時流を感じ、流動化処理工法に関連する特許権等の監理、並びに技術指導、広報活動を主務とする組織が併存されるべきとの判断から、別組織として新たに「(有)流動化処理工法総合監理」を平成13年末に発足しました。

当組織は本機構と密接な連携関係にあることが必要なため、流動化処理工法研究機構の特別会員として迎え、今後は、より実務的に流動化処理工法の発展を支える基盤となるものと信じております。

なお、この結果、独立行政法人土木研究所、有限会社流動化処理工法総合監理、及び社団法人日本建設業経営協会の三者間には、平成14年10月1日付で「流動化処理工法パテント・プール契約」が締結されていることを追記いたします。

流動化処理工法研究機構 名誉理事長 久野悟郎

流動化処理工法施工実績



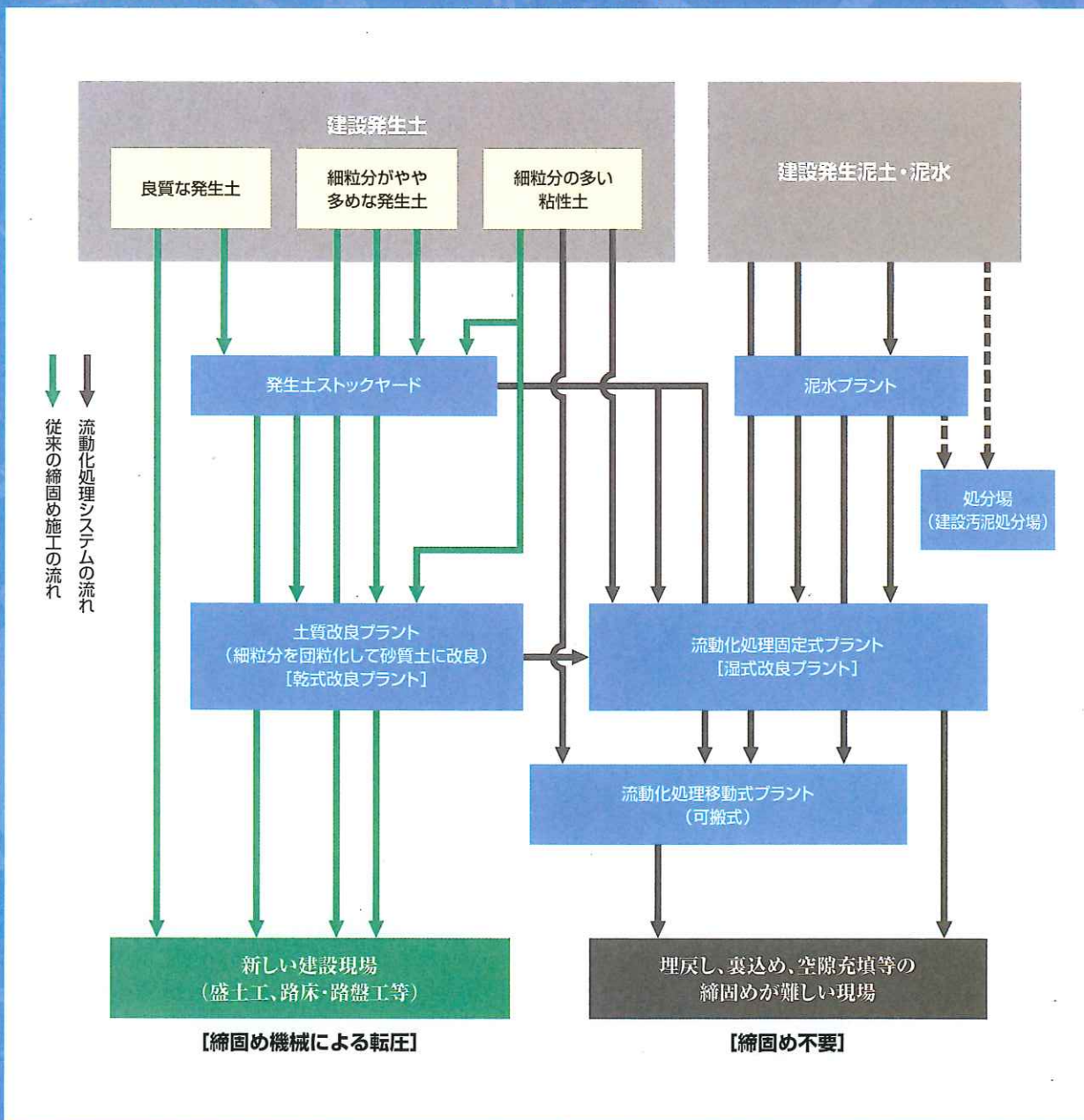
流動化処理工法が加わった、 建設発生土・泥土の合理的再利用システム



- 良質な発生土は、転圧機械が稼働できる広い盛土現場で、従来通りの締固め施工。
- 転圧機械による締固めが難しい狭隘個所への埋戻し、裏込めや水中盛土工の場合など、従来の締固め施工が適用しにくい現場では、粘性土・泥土からつくった調整泥土、あるいはそれと建設発生土との混合によって用意された流動化処理土を用いた締固め不要な流動化処理施工。

この2つの再利用システムを、目的に応じて活用することにより、建設発生土・泥土の再生資源化が飛躍的に促進されます。

■ 流動化処理工法を含む建設発生土・泥土再利用システム構想図





流動化処理工法・流動化処理土の特徴

土の締固めが困難な狭い施工空間での作業や、水中に土をしっかりと盛り立てなければならぬ土工の場合に、入り組んだ狭い鉄筋間に材料を流し込み打設ができるコンクリート工のように、泥状にした処理土を流し込み打設できたらな、と思っていました。そんな時、コンクリート工でも、ダムのような広い作業空間に恵まれた現場では、水・セメント比の低い砂礫質土のようなコンクリートを転圧機械で、盛土の場合と同じように締固め施工されていることに気がきました。それなら土の場合は、その逆をいって、固化材を添加した泥状の流動化処理土を、その流動性に頼って限られた狭い打設個所に流し込み、難しい締固めを省けはしないかと試みてみたのが、我々の土の流動化処理工法(特許2728846号、平成9年12月)の原点だったと言えます。

この工法には、我々が施工実績を重ねてきた間に、次のような利点が明らかになってきました。

有害な汚染土を除き、すべての土を原材料として利用できます

礫、砂、砂質土、粘性土の、どの種類の発生土も用途に応じた配合で利用することができます。ですから、あらゆる種類の建設発生土に対して、その再資源化が可能と言えます。これまでには使いにくかった泥状土も、有害物質で汚染されていない限り、必要に応じて普通の建設発生土と混合して品質を調整すれば、密度、流動性、材料分離抵抗性を任意に制御できる、施工上、最適な土質材料として有効に利用できます。

使用目的によっては、泥土の状態のままで流動化処理土の主材料になりうる場合もあります。また、発生土が高含水比な粘性土の場合には、それ自体の持つ拘束水分をも調節しながら均質に解泥することで、流動化処理土の主材料として利用することも当然できます。

使用目的に応じて多様な処理土が提供できます

泥水の配合や加水量を調整することで、得られた処理土の流動性を制御すれば、どのような複雑、狭隘な埋戻し箇所へでも充填、打設が可能ですし、締固め施工が難しい水中盛土の施工にも利用できます。また、使用目的に応じた種々の固化材が開発されていますので、広い範囲での処理土に関する工学的性質の選択が可能です。圧縮強度(一軸圧縮強度)で、弱い地山程度のものから、貧配合のコンクリート級の強度のものにまで配合調整を行うことが可能です。

粘土っぽい細粒土のみを解いた泥水に、セメント系の固化材等を混合して型枠に流し込み、固化するのを待っていれば、容易に地山と同程度、あるいは所要の圧縮強度をもった処理土が得られます。しかし、多くの場合、その湿潤密度を測定し

てみますと、予想外に低い場合が多く、水分と目される部分が予想以上に多量を占め、土粒子、固体部分がほんの僅かな、非常に高間隙の土塊として固化しているのだと驚く場合が多々あります。そして、一軸圧縮強さが同程度の従来の締固め土と比べますと、一軸圧縮強さは同程度でも、破壊ひずみは、この流動化処理土の場合では1%程度と、普通の締固め土と比べて非常に脆い感じの壊れかたをする傾向が見られます。我々が地盤として期待する性能は、破壊時にも粘っこい残留強さで抵抗してくれることを望んでいますので、不安が残る場合が多いですが、その場合は、泥土に砂礫質の土を混合して密度を高めるか、あるいは繊維質混和材を配合することで、必要に応じてその憂いを容易に凌げる対策を講じています。

また、流動化処理土は一般に密度の低いことから心配でしたので、透水性を測定してみましたら、透水係数は 10^{-6} ~ 10^{-8} cm/sec程度と予想外に低く、遮水性には先ず問題はないと思います。よって、この性能は使い方によっては地下構造物の漏水防止に役立つのではと思っています。

地震時の液状化や、地下浸透水の浸食を防止する効果があります

地下水位の高い地盤での埋戻しに流動化処理土を使うと、山砂を使った場合と違って埋戻し土の粘着力 c の大幅な付加により、地震時の液状化の危険性がなくなると考えられます。

また、この粘着力のあることで、緩い砂質土の埋戻しによく見られた、地下浸透水の浸食に抵抗することが考えられ、結果として路面下空洞の発生に起因する路面陥没事故発生危険が減少します。

埋設物の補強、並びに埋戻し施工の合理化が図れます

地中埋設物の埋戻しに際して、流動化処理土の強度を選ぶことにより、埋設管の強度を補うことができますので、安全性、経済性に貢献できる可能性があります。また、既設埋設物の埋戻し施工の際の、受け防護工の簡略化が可能になります。更に、埋戻しの充填性が完全ですので、施工後の沈下、変状が少なく、舗装工の仮復旧の必要性を減らすことができます。

製造された処理土の品質の均質性が保証できます

プラントでの材料、配合の管理が確実であれば、配合設計通りの均質な製品の製造が可能なので、他の土質改良工法より大いに優れており、従って一般の土質・地盤改良に見られる、製造の際の固化材の割増し添加の必要性は少なくできると思います。



流動化処理工法の利用対象となる工事とは

当初の流動化処理工法の対象工事は、締固め施工が困難な埋戻し箇所等、従来の土工に際し、転圧機械による十分な締固め施工が不可能な条件の現場への、信頼性のある埋戻し工法として考えられたものです。使用を続けてきた間に、思いつかなかった活用法が加わり、使用実績も、その効能も広がり続けておりますことは、我々にとっても喜ばしい実状です。

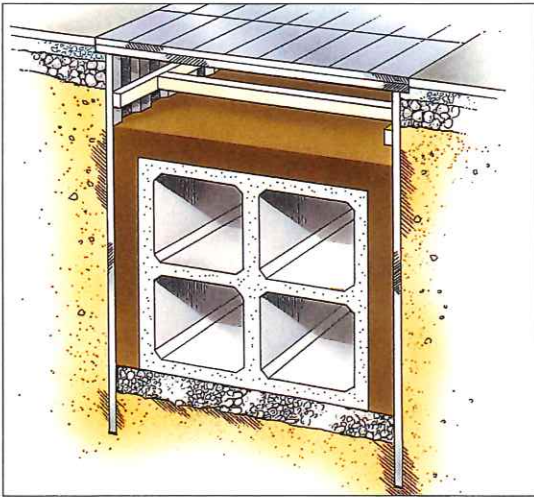
固化後の処理土は、工学的性質の選択の幅も予想以上に広く、当初、やや不安を感じていた供用中の劣化・収縮などは、土中の湿潤な環境下では殆ど見られない観察結果が、未だ十年程の実績ではありますが継続して得られております。

このような特性が確認されるにつれ、流動化処理工法の用途は今後もさらに広がるものと信じています。

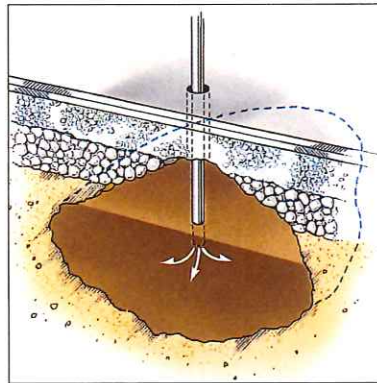
■利用対象となる主な工程

- 1) 各種ライフライン等の埋設物の埋戻し
- 2) 擁壁、共同溝、地下鉄、建築基礎等の狭い空間の埋戻し
- 3) 廃坑等、不要になった地下空洞の埋戻し、充填
- 4) 水中盛土工
- 5) 埋戻し部の地震時液状化防止、並びに地下浸透水流による土砂の浸食防止への対応
- 6) 締固め施工が不可能な条件下における土構造物の計画に適應した構築手法

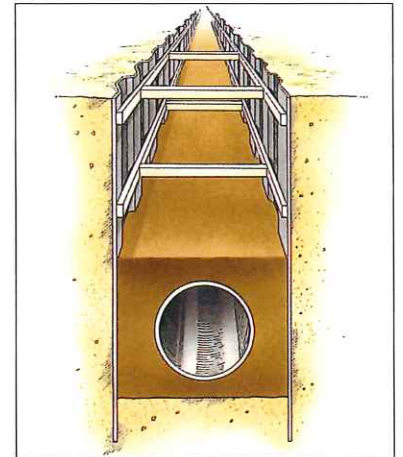
[適用例]



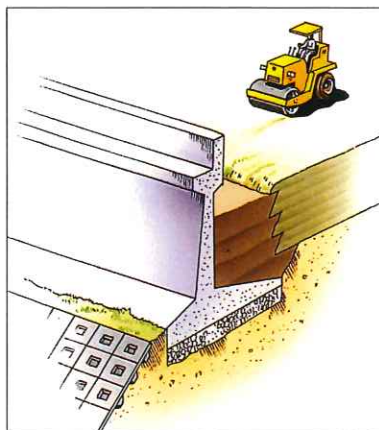
共同溝の埋戻し



路面下空洞の充填



埋設管の埋戻し



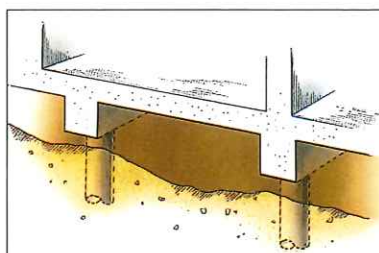
橋台、擁壁の埋戻し・裏込め



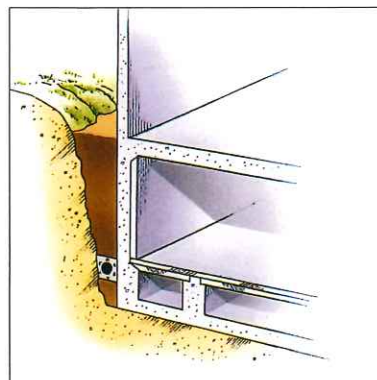
地下鉄複線シールドのインバート部への利用



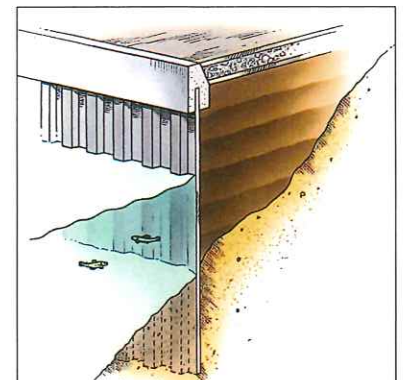
ケーブル埋設・埋戻し



軟弱地盤の沈下で生じた建物床下空間の充填



建築物の埋戻し



護岸の裏込め(水中施工を含む)



流動化処理土の配合設計・品質管理

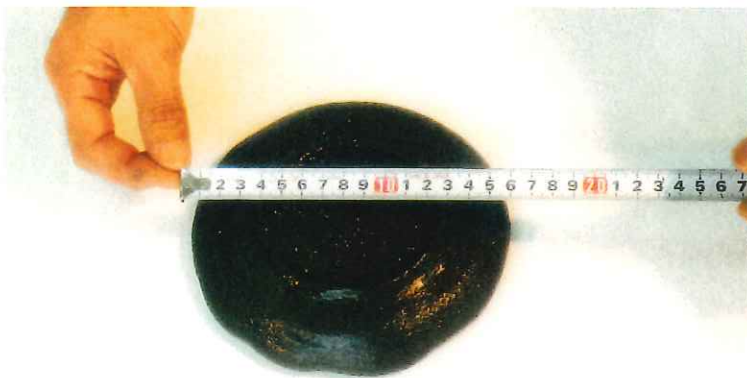
流動化処理土は、施工時に適切な流動性を持つこと、打設時に有害な材料の分離を起こさないこと、さらに固化後には必要な強さ、支持力、遮水性などの埋戻し材として必要な性能、耐久性を維持できるように、配合設計を行わなければなりません。そして、施工に際しては、配合設計通りの品質の処理土が打設できていることを確認するための、品質管理試験を必ず適切に行われなければなりません。

流動性の検査には、セメントの物理試験方法に定められたモルタルのフロー試験を準用するか、あるいは平坦な版上に置かれた底なしの中空円柱容器に試料を満たして上端面を均し、静かに鉛直に容器を引き上げ、円状に広がった試料の径を計るなどの手法で判定する方法等が採られています(写真①)。

また、配合後の処理土の材料分離の抵抗性を測定するには、透明な細長容器に満たした試料表面の経時的分離沈下状況を観察するブリージング試験(写真②)が活用されています。

処理土の性能に関しては、配合設計時については使用目的に応じて、実験室内での強度試験、透水試験などが行われ、品質管理においては簡易な山中式硬度計等による貫入試験や、採取した供試体の一軸圧縮試験(写真③)で確認する手順が慣用されています。なお処理土の破壊後の撓性を確かめる目的には三軸圧縮試験が有効です。

加えて処理土を構成する土・泥土の品質・配合を保証する上でも、処理土の密度・含水比の測定(写真④)を欠かすことはできません。さらに複雑な地下空洞を充填する際には、その完遂を検知するシステムの開発・整備も大いに必要となります。(注：流動化処理土は細粒土と微粉状の固化材が混合されているためか、一般の土塊よりも不透水性の傾向が強く、通常の土の透水試験の対象になりにくい場合が多いと思います)



①フロー試験



②ブリージング試験



③一軸圧縮試験



④処理土の密度の測定



流動化処理土の製造および施工法

多様な流動化処理プラント、多様な施工法

現場に設置空間があれば仮設固定式プラント(写真⑤)、さらに、自走式移動プラント(写真⑥)、生コン工場のような大型固定式プラント(写真⑦)が用いられています。現場の条件によって、これらプラントは、製造能力などにはある程度差はあるものの、施工現場の要望に応じて、満足してもらえる処理土を供給すべく稼働を続けております。

施工現場では、大型固定プラントなどからアジテータ車などで運搬されてきた処理土、あるいは現場近くに設置された仮設固定式プラントなどで製造された処理土(写真⑧)を、ポンプ圧送方式や直接投入方式で打設します。



⑤ 仮設固定式プラント



⑧ 製造中の流動化処理土



⑥ 自走式移動プラント



⑦ 常設プラント

正会員

麻生フォームクリート 株式会社
株式会社 エコテクノス
株式会社 エステック
小野田ケミコ 株式会社
勝村建設 株式会社
株式会社 環境施設
株式会社 キャプティ
栗本建設工業 株式会社
古久根建設 株式会社
新征建設 株式会社
大幸工業 株式会社

太平洋セメント 株式会社
太平洋ソイル 株式会社
多田建設 株式会社
株式会社 ティ・アイ・シー
テクノマリックス 株式会社
株式会社 東亜利根ボーリング
徳倉建設 株式会社
中村建設 株式会社
株式会社 西日本アチユーマツクリーン
蓮井建設 株式会社
富二栄産業 株式会社

株式会社 藤木工務店
株式会社 富士工
フドウ技研 株式会社
馬淵建設 株式会社
三重建材 株式会社
株式会社 ミヤマ工業
みらい建設工業 株式会社
株式会社 村上組
メトロ開発 株式会社
株式会社 ヨコハマ全建

特別会員

株式会社 奥村組
株式会社 熊谷組
佐藤工業 株式会社
清水建設 株式会社
大成建設 株式会社
株式会社 竹中工務店
東急建設 株式会社
戸田建設 株式会社
東洋建設 株式会社
西松建設 株式会社
株式会社 NIPPO コーポレーション
株式会社 間組
株式会社 フジタ
株式会社 不動テトラ
前田建設工業 株式会社

有限会社 流動化処理工法総合監理

特別賛助会員

社団法人 セメント協会
日本石灰協会

賛助会員

兼松エンジニアリング 株式会社
住友大阪セメント 株式会社
株式会社 フローリック
株式会社 ポゾリス物産
株式会社 三好商会

流動化処理工法研究機構

(有)流動化処理工法総合監理

TEL.03-3864-6181 FAX.03-3864-6182

TEL.03-3864-6198 FAX.03-3864-6182

URL <http://www.lss-kiko.jp/>

〒101-0024 東京都千代田区神田和泉町1-6-13 KHビル2F