

汚泥改良工法（建設汚泥の有効利用）

坪内正行・上谷恵里

建設汚泥を資源という観点から見直し、どのように有効利用を図るか、そのためにはどのような技術開発が必要か、またその技術が汎用性を持つか、といったテーマを目指して開発された技術である。要点を具体的にいえば汎用性機械（バックホー）による攪拌とそれに適した無機固化剤の開発であった。技術開発のスタートは平成8年国土交通省四国地方整備局四国技術事務所との建設汚泥中間処理装置の共同開発から始まり、国土交通省四国地方整備局の須崎道路建設工事（高知県内）での試験工事、さらにパイロット事業へと発展し現在に至っている。

キーワード：土工，残土処理工，安定処理工，軟弱地盤処理工，固結工，不良土再生，環境

1. はじめに

建設工事に伴って発生する建設廃棄物は、年々増加の一途をたどっている。一方、環境保全の観点から廃棄物の受容適地が減少するとともに、廃棄物の処理や処分をするための施設の立地は、ますます困難な状況にある。このように廃棄物をめぐる問題は年々深刻化しており、その減量化とリサイクルが社会的問題になっている。“減量化とリサイクル及びコスト縮減”を図るため、平成10年度より四国地方整備局の須崎道路建設工事に伴い発生する軟弱土（そのままでは利用できない不良土）を、無機固化剤（マデックス）を混合攪拌し、道路盛土材として全量有効利用する事業が始まり、平成17年度までにおよそ70,000 m³の不良土を改良し、須崎道路の盛土材として100%有効利用し、大幅なコスト縮減を図った。

（例：平成13年度コスト縮減率41.7%）

以下にその概要と特徴を述べることとする。

2. 汚泥改良工法のあゆみ

平成8年度～10年度

国土交通省四国技術事務所と建設汚泥中間処理装置の共同開発を行う。

平成10年4月

土佐国道事務所所管・須崎道路建設工事で不良土改良試験工事開始。

平成11年1月

建設汚泥の中間処理業の許可を取得。

平成11年4月

須崎道路建設工事における不良土改良工事が新技術活用パイロット事業となる。

平成11年10月

汚泥改良工法としてNETIS登録された。

平成12年1月

四国建設技術官民懇談会で新技術として発表。（高松市）

平成13年3月

建設汚泥の受入れを開始。

土佐国道事務所庁舎新築工事に伴い発生した建設汚泥130 m³を受入れて中間処理（無機固化剤マデックスによる薬剤固化）を行い、改良土144 m³を平成13年6月高知河川事務所発注の土佐市バイパス林口改良工事（共栄建設）に販売、盛土として再利用された。

平成13年5月

国土交通省九州技術事務所の要請により新技術発表会（福岡市）で発表。

平成15年12月～17年12月

中村河川国道事務所発注の平成15年度古津賀改良外一件工事と平成17年度森沢改良工事で8,700 m³の不良土を現場改良し、盛土として再利用された。

平成17年度

平成10年度から平成17年度まで、合計7万 m³を超える不良土を改良し、100%須崎道路盛土として

再利用された。

平成 18 年 1 月

新 NETIS 制度において NETIS 登録される。

登録No SK-990021-V

平成 19 年 10 月

第 2 回四国地方整備局新技術活用評価委員会において、公共工事等における新技術活用システム事後評価の結果「設計比較対象技術」となり、その旨 NETIS に掲載された。

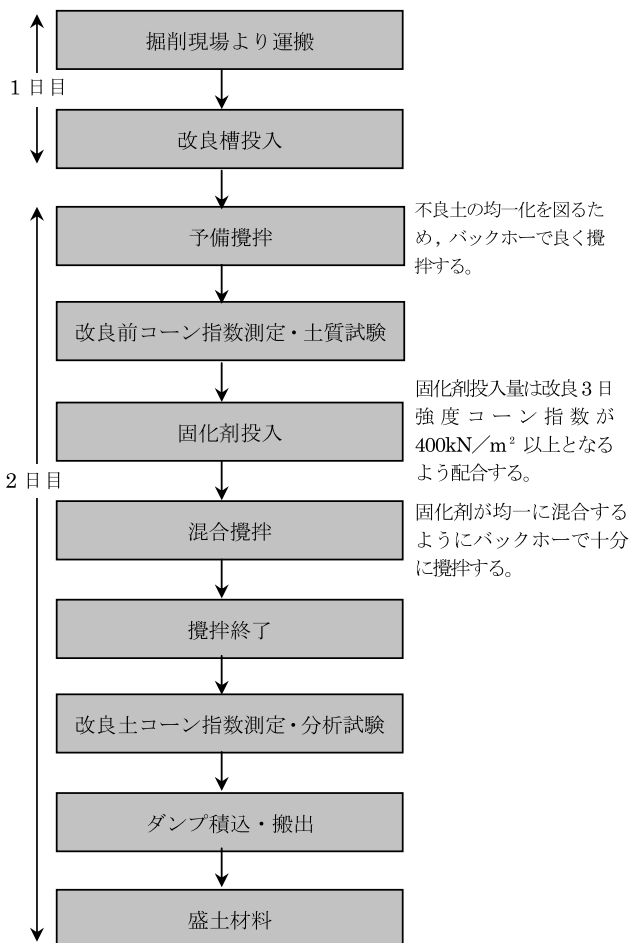
3. 実施事例の紹介

(1) 四国地方整備局土佐国道事務所

平成 12 年度の須崎道路建設工事概要

須崎市吾井郷から新莊間 (5.1 km) で平成 13 年度の暫定開通を目指して、路側構造物、舗装、橋梁下部・上部トンネル内整備、付替市道ボックス工事など、多岐にわたる工事が最盛期を迎えた。

そのうちパイロット事業である現場において発生する不良土を改良し、有効再利用した工事を紹介する。



図一 1 施工フローシート

橋梁下部工から発生した不良土を改良槽へ運搬投入し、不良土の性状を均一にするためバックホーで予備攪拌し、土量、土質、コーン指数等の測定をした後、固化剤を投入し攪拌を十分に行った。改良槽一槽当り 100 m³ でおおよそ 2 時間攪拌した。攪拌終了後改良土量、コーン指数、水質等の測定を行い、ダンプに積み込み運搬、盛土材として利用した (図一 1)。

以上のように不良土を改良し、改良土の強度、環境への安全性 (図一 2) を確認して盛土材等に有効利用を図った。

(2) 土質試験

①原土分析

- ・湿潤密度 ・土粒子の密度 ・含水比 ・粒度
- ・液性、塑性限界 ・ pH ・強熱減量

②ポータブルコーン指数測定

- ・改良前 ・改良後 ・改良 3 日後

③一軸圧縮強度

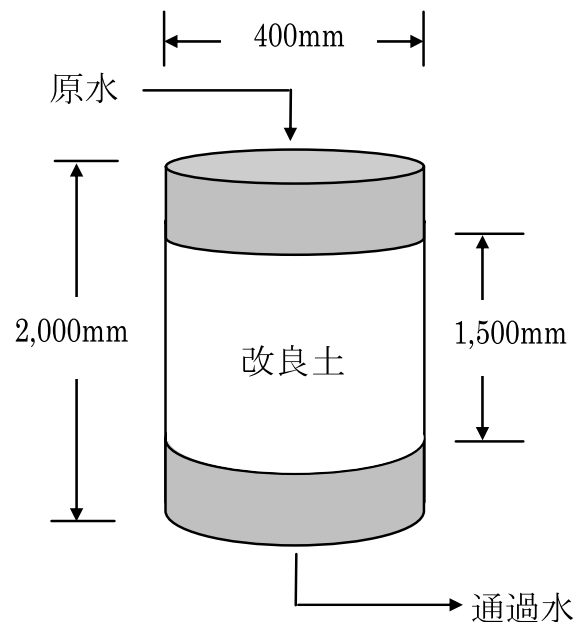
- ・改良後 3 日, 7 日, 28 日

注 1 : 一軸圧縮強度 q_u とコーン指数 q_c の関数は $q_c = 5q_u$ を採用した。

注 2 : 測定頻度は 1000 m³ に一回程度とした。

(3) 水質試験

直径 400 mm, 高さ 2,000 mm の塩ビ管に改良土をおおよそ 1,500 mm の厚さに敷き込み、上部から原水を投入し、下部からの通過水を 1 週間後、6 ヶ月後の 2 回分析した (図一 2)。



図一 2 水質試験

(4) 分析項目

- ・ pH
- ・ 電気伝導度
- ・ m-アルカリ度
- ・ フッ素イオン F
- ・ 塩化物イオン Cl
- ・ 臭素イオン Br
- ・ 亜硝酸イオン NO₂
- ・ リン酸イオン PO₄
- ・ 硫酸イオン SO₄
- ・ マンガン Mn
- ・ 総クロム Cr
- ・ 六価クロム Cr⁺⁶
- ・ カドミウム Cd
- ・ 鉛 Pb

- ・ 硝酸イオン NO₃
- ・ ケイ素 SiO₂
- ・ ヒ素 As
- ・ 水銀 Hg

なお、土壤環境基準 27 項目の溶出試験は必要に応じ適宜行った。

4. 須崎道路建設工事における不良土改良工事写真

NETIS 登録No.SK-990021-V

写真一 不良土掘削状況



写真二 不良土掘削状況



写真三 不良土積込状況



写真四 不良土改良槽投入状況



写真五 不良土土量確認状況



写真六 不良土コーン指数確認状況



写真七 固化剤マデックス投入状況



写真八 固化剤マデックス投入状況



写真九 バックホー攪拌状況



写真十 改良土土量確認状況



写真十一 改良後コーン指数確認状況



写真十二 改良後搬出状況



写真十三 改良後搬出状況



写真十四 現場 3 日強度
コーン指数確認状況



写真十五 転圧状況



5. 特徴

含水比の高い不良土を道路盛土等に100%リサイクルしようとする工法であり、再利用できる程度に固化する時間を大きく短縮し、従来廃棄物とされた建設汚泥等も資源として有効利用する工法である。

①強度出現が早い為再利用可能となるまでの時間が短縮される。

改良後3日コーン指数400kN/m²以上

②改良後直ちに普通ダンプで搬出可能となるため作業効率が良い。

③通過水の水質分析結果も基準値以下で環境への影響はない。

四国地方整備局 須崎道路建設工事における改良土コーン指数グラフ(抜粋 表-1~8)

表-1 平成10年度池ノ内高架橋下部工事 改良前土量 5792.5 m³ 平均値

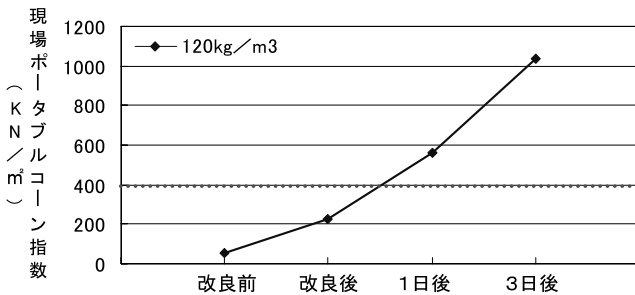


表-2 平成11年度池ノ内高架橋下部工事 改良前土量 3650 m³ 平均値

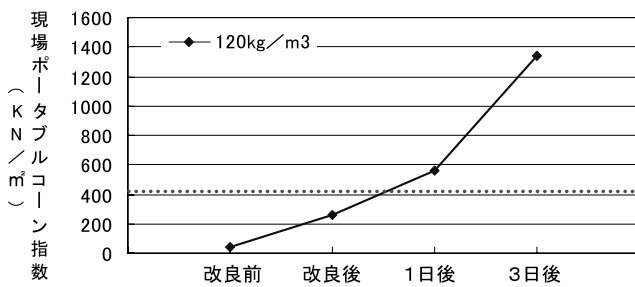


表-3 [11-12] 潮田高架橋下部工事 改良前土量 1725 m³ 平均値

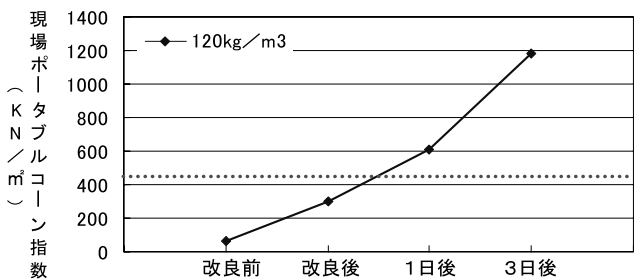


表-4 平成12年度桐間改良工事 改良前土量 5630 m³ 平均値

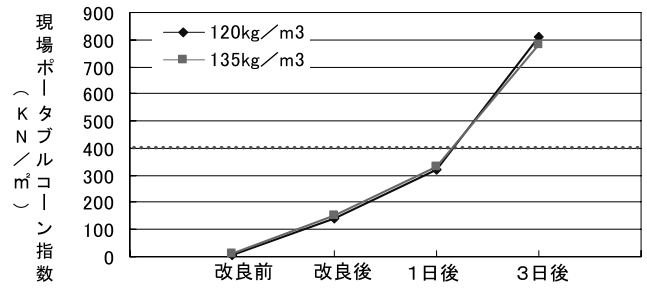


表-5 [12-13] 池ノ内高架橋下部第2工事 改良前土量 9350 m³ 平均値

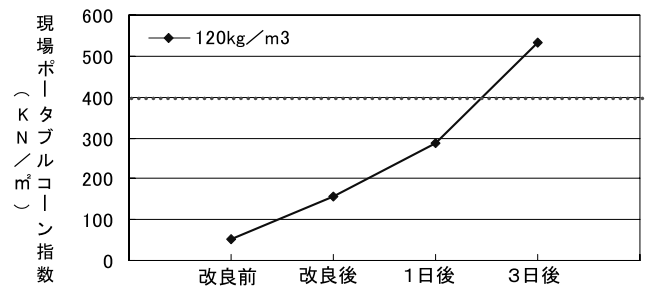


表-6 平成13年度池ノ内高架橋下部第2工事 改良前土量 2025 m³ 平均値

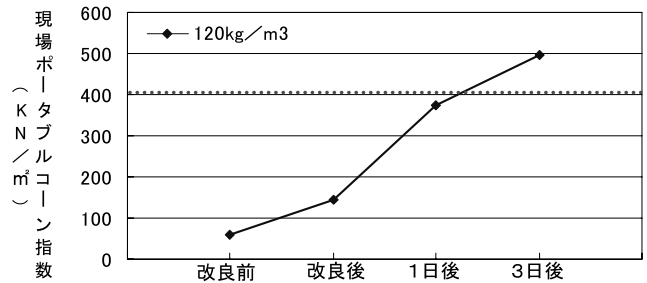


表-7 平成14年度池ノ内高架橋下部第1工事 改良前土量 775 m³ 平均値

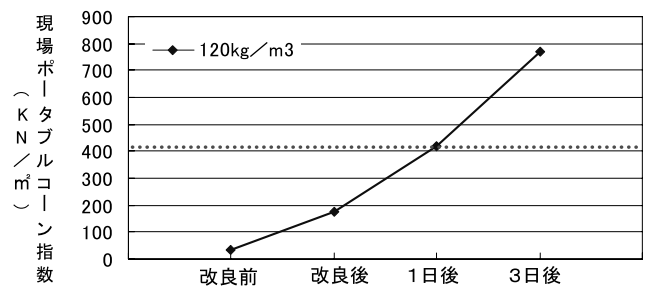
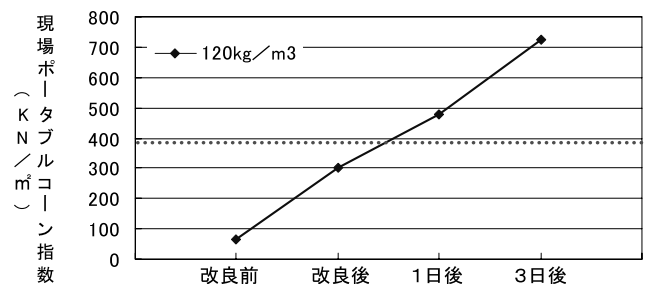


表-8 平成14年度桐間高架橋下部工事 改良前土量 850 m³ 平均値



6. 固化剤による固化の理論的考察

本処理法は、水を多く含む流動性のある粘土・シルト・またはこれらに類する微細な粒子からなる堆積物で、一般にヘドロと総称する無機性の物質（一部有機物を含む）に固化剤を加え、攪拌するだけで固化させ、再利用を可能とする一連の処理技術である。

本処理法の特徴は、固化剤の特異的な凝集性と、処理すべきヘドロとの配合条件にある。この条件に関して試験した結果、固化剤とヘドロの配合条件が処理効果に影響するものの、適応できる範囲は広く、多様なヘドロの性質に適応し、迅速に固化することが可能であることが確認できた。また、固化した材料に水を通過させ、その水質についても試験を行った結果、良好な水質であることが確認できた。

本法の処理に関する理論的検討はなお課題を残しているが、およそ次のような作用が考えられる。すなわち、水中に分散したコロイドは電気的に負の電荷を持つが、多数の粒子と水から構成する粘土鉱物では粘土と水の比率でその性質は千変万化する。粘土とその水分含有量はアッターベルグ限界、または液状限界と呼ばれ、土壌の流動性を大きく左右する。この現象はコンシステンシーとして総括される。種々なコンシステンシーを持つ材料は再利用の際の目安となる。

さて、一般に固化剤は、粘土粒子間の電気的な衝突を促し、負の電荷を速やかに中和して、自由なブラウン運動によって急速に凝集させる作用を持つ。

本法の固化剤も、ヘドロの粘土鉱物が持つ負の電荷を低下させ、含有する電解質によってコロイドの安定性が失われ、急速かつ強力に凝集沈殿するものである。この作用の主役は多量に含有するケイ酸で、急速な重合により、水分子を構造の中に取り込み、安定な団粒構造を形成するものと見られる。このことは凝集した後、遊離した浸出水が少ないことでも理解できる。

一方、媒体中の異種粒子間に作用する凝集相互作用は、ヘテロ凝集として知られるが、本法の場合もその

作用が伴うと見られる。


従来のヘドロ処理は、一定のコンシステンシーを示すまで天日乾燥させる必要があった。しかし、上述のように急速な固化が可能であるため、天日乾燥の必要がなく、短期日に大量処理が求められる作業現場では極めて効率的に処理できることも本法の特徴である。

（今井嘉彦 高知大学名誉教授 監修）

7. おわりに

NETIS 登録 No. SK-990021-V の「汚泥改良工法」についてその生い立ち、技術内容、結果等について説明してきたが、須崎道路建設工事での実績に基づき平成 16 年度に高知県リサイクル製品等認定制度において当社の建設汚泥改良土がリサイクル製品に認定され（認定番号 3）現在に至っている。

また、平成 18 年 6 月「建設汚泥再生利用指針検討委員会」の検討結果の報告書を踏まえ、国土交通省本省より建設汚泥の利用に関するガイドライン等を策定した旨、記者発表された。

今後、建設汚泥改良工法が優先的に建設工事に利用され、コスト縮減を踏まえて、資源の有効利用が図られるように、特に公共工事において先導的役割を果たして頂きますよう期待する次第であります。 

[筆者紹介]

坪内 正行（つほうち まさゆき）
 ㈱国際環境技研
 事業推進部長



上谷 恵里（かみたに えり）
 ㈱国際環境技研
 事業推進部

