

33. 軟泥土の固化処理による高盛土施工

東洋建設(株)：藤尾 良也

1.はじめに

近年、資源の有効活用・リサイクル等と様々なところで叫ばれており、建設業界においても建設残土の有効利用がいろいろと研究がなされている。今回、当社で開発した固化処理システム（デイコンシステム）を用いて浚渫泥土を改良固化し、盛り立て材に利用・施工した事例を紹介するものである。

四国電力の橘湾発電所建設工事において護岸工事・岸壁工事等の浚渫で発生する軟泥土の掘削残土約35万 m^3 をセメントで固化処理し、処分地に捨土・高盛土する。その盛土高さは40～50mにおよび、全国的に事例のない固化処理土の盛立工事である。上記工事において本システムを使って施工した。

2.工事概要

図-1に示すフロー図の通り、浚渫された土砂をバargeで固化処理船まで海上輸送し、処理船に搭載されたバックホウにて固化処理プラントに土砂を投入する。固化処理された土砂（固化土）は、ベルトコンベヤおよび垂直コンベヤで揚土機橋に設置されたダンピングホッパーに運ばれ、ダンプトラックで土捨場に運搬、盛土される。

今回の1期工事では、高さ15～25mまで盛土し、さらに2期工事では高さ55mまで盛土する予定である。

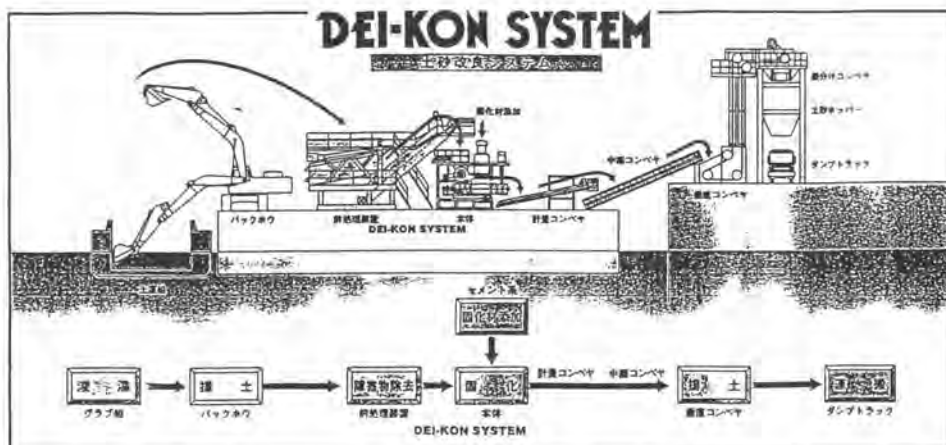


図-1 固化処理フロー図

3. DEI-KON システムの概要

本システムは、土砂をスノーシェーブで定量供給し、添加剤（固化材）をスクリーコンベアで所定量をコントロールしながら投入し、二軸攪拌ミキサーにて効率よく混合する固化処理プラントである。今回は本装置の品質の向上を図るため以下の装置を追加装備した。

- ① 固化材を計量するためのロードセル
- ② 固化土を計量するためのベルトスケール
- ③ 固化処理対象土の湿潤密度を計測するR1密度計

さらに、プラントの運転状況を集中管理する運転管理室を設置した。

このように計量器を充実させ、図-2のように管理システムを構築し、各検出器で得られたデータを互いに補正することにより、浚渫土量および固化材添加量を正確かつ合理的に計量し、浚渫土および固化材の供給を正確にできる固化処理プラントとなり、品質の安定した固化処理が可能となった。

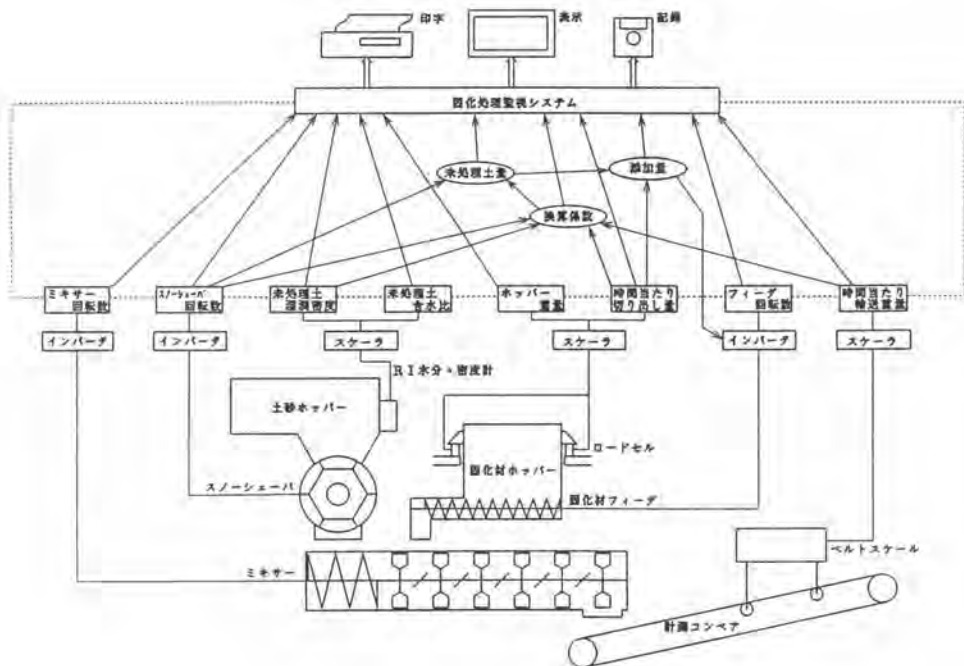


図-2 固化管理システム

4. 固化土の強度設定

当初、円弧すべりに対する安定計算から、固化土の設計強度は材令28日で一軸圧縮強度 2.2kgf/cm^2 に設定されていた。

しかし、その後の詳細な検討の結果、盛立高さ50m以上におよんだ場合、盛土の鉛直応力が固化土の圧密降伏応力以上に達する箇所が発生し、変形が過大となり盛土内にテンションクラックが生じ、地震および降雨時に盛土の安定性が損なわれる可能性があることが指摘された。

よって、固化土の強度を盛土の発生応力以上になるように盛立位置別に固化土の強度設定を行った。

FEM解析による鉛直応力のコンター図
 入力 $r_t = 1.6\text{t/m}^2$
 原位置 $r_t = 1.8\text{t/m}^2$



図-3 盛土のFEM解析図

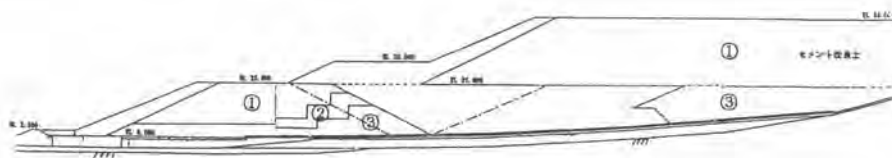


図-4 ゾーニング計画図

表-1 固化処理土の設定強度

| 凡例 | 盛立ゾーン | | 計算鉛直応力 $\sigma_v(\text{kgf/cm}^2)$ | 設計強度 (材令28日) | |
|----|-----------|----------|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| | | | | 圧密降伏応力 $p_c(\text{kgf/cm}^2)$ | 一軸圧縮強度 $q_{uk}(\text{kgf/cm}^2)$ |
| ① | 固化土 | 原設計強度ゾーン | 4.0以下 | | 2.2 |
| ② | | 強度増加ゾーンA | 4.0~5.0 | 5.0 | 2.9 |
| ③ | | 強度増加ゾーンB | 5.0以上 | 6.0 | 3.4 |
| | 発電所基礎掘削残土 | | | | |

5. 浚渫土の物性

浚渫土の物性（湿潤密度、含水比、砂分含有率）は、固化土の強度に大きく影響するため、本工事は、土運船毎に湿潤密度、含水比、砂分含有率を測定し、その測定値を基に固化処理プラントにおけるセメント添加量を設定した。

浚渫土の採取は、浚渫土の解泥などによる物性の変化をより正確に把握するため、固化処理プラントのバケットコンベヤで採取することとした。

含水比に関しては、平均値で30～40%程度で、計画時の予測値の100%よりかなり低い値であった。これは、計画時の土砂採取が表層部だけであったためと考えられる。また、図-5に示すように、同じ工区でも浚渫土の物性がかなり変動している。これは、原地盤の物性が変化しているのではなく、各工区が施工したサンドコンパクション等の敷砂が影響しており、その混入割合で物性が変化するものと思われる。

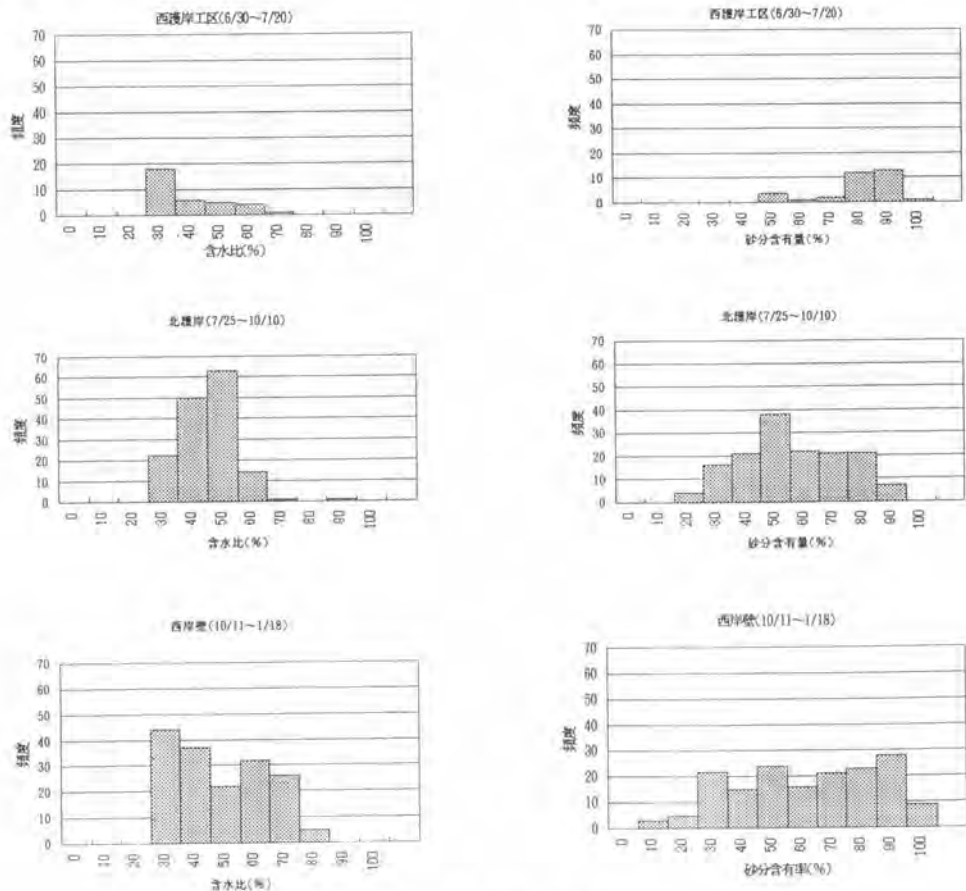


図-5 浚渫土の特性

6. セメント添加量の設定

固化土の強度は、固化処理対象土である浚渫土の土質や含水比などにより大きく変化する。よって、固化処理でセメント添加量を定める場合は、固化処理の対象となる土を事前に採取し、室内配合試験を行い、設定強度を満足するセメント添加量を設定することが一般的である。本工事の場合も、事前の室内配合試験に基づき、土運船毎にセメント添加量を設定し、材令3日で強度確認を行い、その傾向に準じてセメントの添加量の見直しを行った。固化土の強度結果がある程度、蓄積された段階で、固化土の強度に対する浚渫土の物性をパラメーターとした重回帰分析を行い、この回帰結果から、土運船毎にセメント添加量を設定することとした。

7. 固化土の強度結果

強度データによる重回帰分析の推定式を用いて、含水比、砂分含有率に応じたセメント添加量を土運船毎に設定したことにより、変動係数が20%となった。

浚渫土の物性の変動が大きいにもかかわらず、変動係数を小さくすることができたのは、重回帰分析による推定式の効果があったものと考えられる。

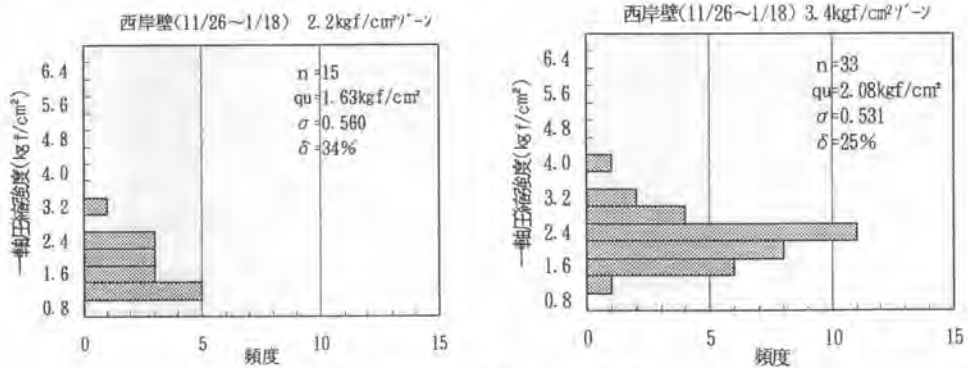


図-6 材令3日における強度

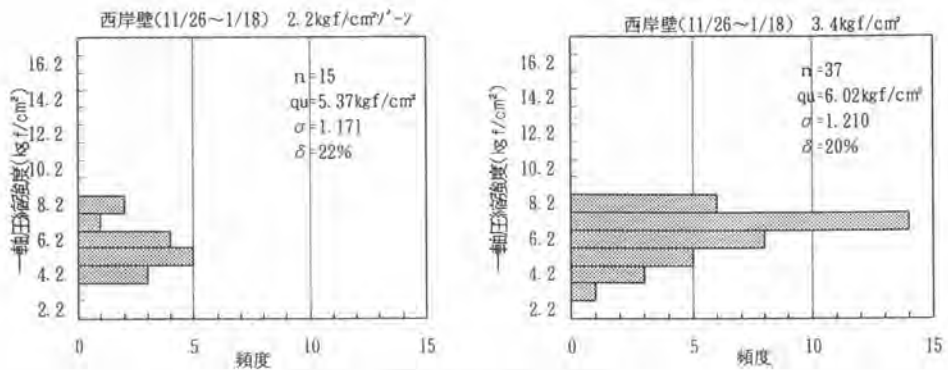


図-7 材令28日における強度

8. 考察

本工事において、前述した固化土の品質管理を行ったことにより、以下のような結論が得られた。

- ・固化土の強度には、浚渫土の含水比、砂分含有率が大きく影響する。
- ・固化土の強度推定式により、固化強度の変動を小さくすることができた。
- ・固化土の強度伸び率は、固化土の練り上がり温度に影響される。

今回、固化処理を行った浚渫土は、物性の変動範囲が大きく、土運船毎に物性が変化する状況であったが、それにもかかわらず、固化強度の変動係数を20%まで小さくすることができ、セメント添加量においても、経済的で効率のよい設定が行われた。これは、固化処理により蓄積された固化土の品質管理結果を、統計的方法で分析し、固化土の強度とその要因の相関式をもとめ、それをセメント添加量の設定にフィードバックした結果によるものと思われる。

また、このような固化土の品質管理が実施できたのは、DEI-KON システムにおける、固化処理量とセメント添加量の正確な計量管理と効率のよい混練りによるものと思われる。

9. おわりに

本工事では、DEI-KON システムを使い、現在約150,000㎡の固化処理を行い、良好な結果が得られた。今後、軟泥土固化処理における課題としては、

- ・固化土の盛土施工方法の確立（品質管理を含む）。
- ・固化土の強度に影響をおよぼす要因（軟泥土の物性）の管理手法。

また、DEI-KON システムにおいては、

- ・浚渫土の粘土塊の対応。
- ・1日当たりの固化処理量のアップ。

などの課題が考えられる。

本工事のように、固化土を高盛土する工事は他に例がなく、今回報告したデータが、今後の固化処理工事を検討するにあたり参考になれば幸いである。

最後に、この報告書を作成するにあたり、様々なご指導、ご協力いただいた四国電力㈱ならび関係者の方々に感謝の意を敬します。