

苫小牧港東港区耐震強化岸壁における石炭灰を有効活用した土砂改良について

室蘭開発建設部 苫小牧港湾事務所事務所 第一工務課 ○森 昌也
新垣 英隆
高田 稔年

苫小牧港は、北海道南西部太平洋岸に位置する特定重要港湾であり、北海道の港湾貨物量の半数近くを扱う、道内経済にとって重要な役割を担う港である。苫小牧港においては、大規模地震時においても最低限の港湾物流機能を確保することができる耐震強化岸壁(-12m)の整備を進めている。耐震強化岸壁に隣接する北海道電力(株)苫東厚真発電所においては年間40~50万tの石炭灰が発生しており、その恒久的な有効な活用方法が求められている。本報告では苫小牧港東港区で施工している耐震強化岸壁の埋立工における石炭灰を有効活用した土砂改良工法の配合設計および施工方法について報告するものである。

キーワード：石炭灰、土砂改良、耐震強化岸壁、リサイクル

1. はじめに

苫小牧港は、北海道南西部太平洋岸に位置する特定重要港湾であり、北海道の港湾貨物量の半数近くを扱う、北海道経済にとって重要な役割を担う港である。苫小牧港においては近年の外貿コンテナ取扱量の著しい増大、滞船の発生、コンテナヤード不足に対応するため、平成13年度より東港区において、多目的国際ターミナル(写真-1)の整備を進めている。中央水路地区の-10m岸壁については-12m岸壁へ増深改良するとともに、写真-1に示すように-14m岸壁との連続バース化することによってコンテナターミナルの機能増進を行っている。さらに大規模地震災害時の緊急物資、避難者の海上輸送路を確保するための防災拠点としての役割を果たすため、耐震強化岸壁として整備を進めている。

現在整備している多目的国際ターミナルは写真-1に示すように苫東厚真発電所に隣接している。苫東厚真発電所は北海道最大規模の発電設備を有する火力発電所である。図-1は苫東厚真発電所において石炭を燃焼させた時に発生する石炭灰の年度毎の推移であるが、年間40~50万t程度の石炭灰が発生していることが分かる。図中の黄色の線で示すように9割近い量はセメント原料などで有効利用されているが、更に恒常的で大量に有効利用可能な活用手法が求められている。

現在整備を進めている耐震岸壁岸壁においては、液状化対策および鋼管矢板への土圧低減を目的として改良土による埋立工を採用している。本報告では耐震強化岸壁の埋立工において採用したフライアッシュを有効活用した土砂改良の配合設計および施工方法について報告するものである。



写真-1 苫小牧港東港区中央水路地区

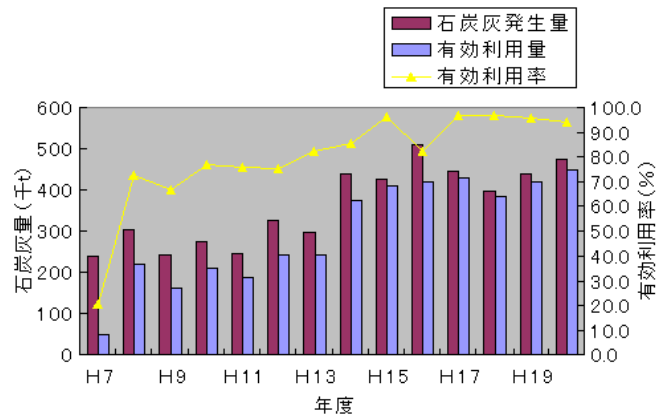


図-1 苫東厚真発電所における石炭灰の有効活用実績(北電興業(株)ホームページより)

2. 過年度の施工実績と本工事の要求性能

(1) 過年度の施工実績

苫小牧港においては過年度においてもフライアッシュを用いた土砂改良の施工実績を有している。平成10年度から平成11年においては西港区の土砂処分場の築堤工事において浚渫土砂にフライアッシュ、セメント、水を混合した改良土を築堤材料として使用している。施工においては所定量の浚渫土砂、フライアッシュ、セメントおよび海水を混合し、ダンプトラックにて運搬後、改良土を直接バックホウによって海中に投入し、硬化した築堤の上にバックホウが載って、投入を繰り返しながら進んで行く方法を採用した。

平成15年度に施工した東港区中央ふ頭-14m岸壁の矢板背後の埋立においても、西港区の築堤工事と同様に、土砂にフライアッシュ、セメント、水を混合した改良土を用いた施工を実施している。ただし、前述の築堤工事が海水の混入量の少ない超固練り方式（ウェット方式）であるのに対して、岸壁-14mの工事においては鋼管矢板への土圧が均等にかかる点や水中不分離性を確保するため、海水の混入量の多いスラリー方式を採用した施工としている。本工事においても同様のスラリー方式を採用している。

(2) 耐震強化岸壁の埋立土の要求性能

図-2は現在整備を進めている耐震強化岸壁の標準断面図を示している。構造形式については高橋ら²⁾が既に報告しているようには控え直杭式鋼管矢板構造を採用しており、既設のケーソンを残したまま前出しする断面となっている。本報告における改良土は既設ケーソンと前面の鋼管矢板の間の埋立に用いるものである。改良土の目標強度については $200(\text{kN}/\text{m}^2)$ に設定されており、-

14m岸壁の改良土の目標強度($100\text{kN}/\text{m}^2$)の2倍の値が改良土に求められている。

3. 改良土の配合設計について

(1) 室内配合試験の方法

前章において示した改良土の目標強度を満足させるために、室内試験を実施して最適な配合量を検討した。配合試験に用いた改良の母材となる土砂は実際に施工に用いる築堤土砂を用いた。セメントは高炉セメントB種とし、添加量を $40(\text{kg}/\text{m}^3)$ 、 $60(\text{kg}/\text{m}^3)$ 、 $80(\text{kg}/\text{m}^3)$ の3種類に変化させてその強度特性を確認した。石炭灰は苫東厚真発電所から発生した海外炭フライアッシュ10灰種類とし、添加量は過年度の成果から水中不分離性を確保することができる $300(\text{kg}/\text{m}^3)$ で一定とした。

供試体の作成にあたっては、図-3に示すように打設時のケーシングを模擬したのパイプにスラリーを充填し、水中に沈めたモールド中に挿入し徐々に引き抜くことにより実際の水中打設を再現する方法とした。製作した供

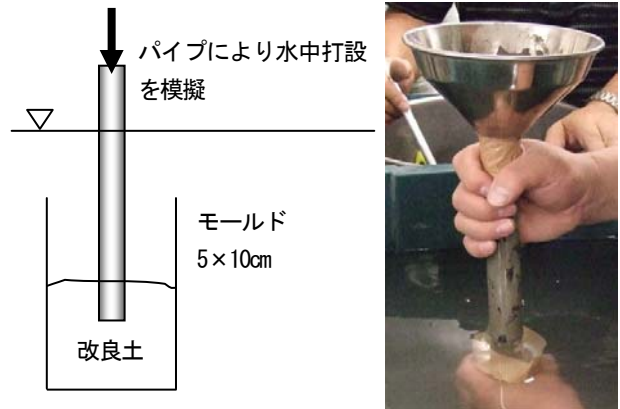


図-3 供試体の作成方法

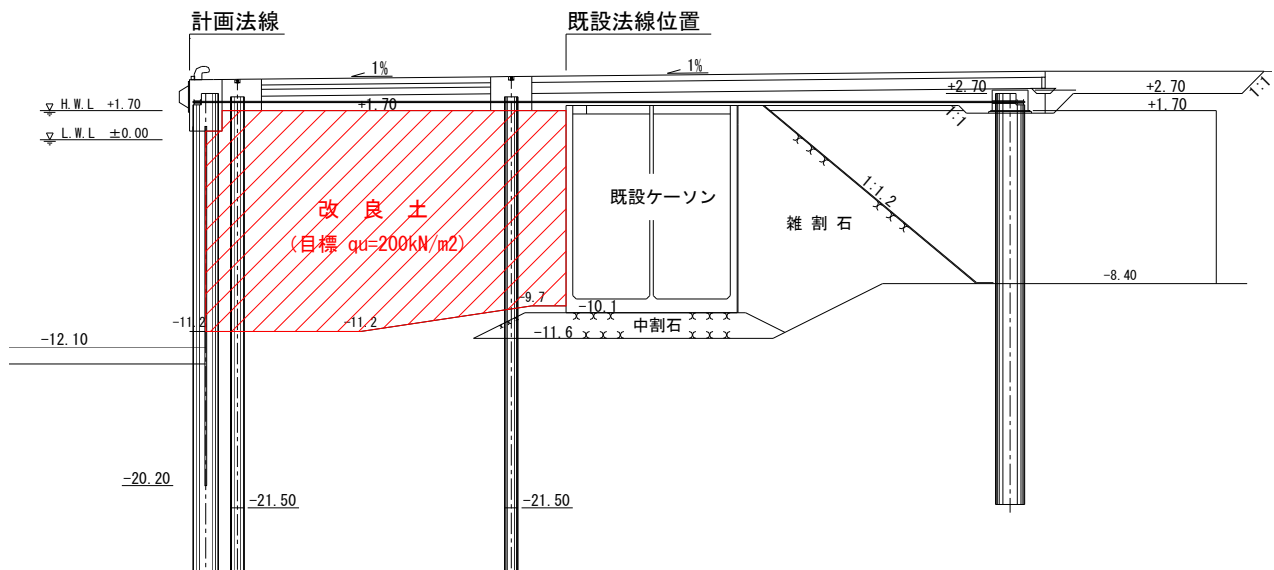


図-2 耐震強化岸壁の標準断面図

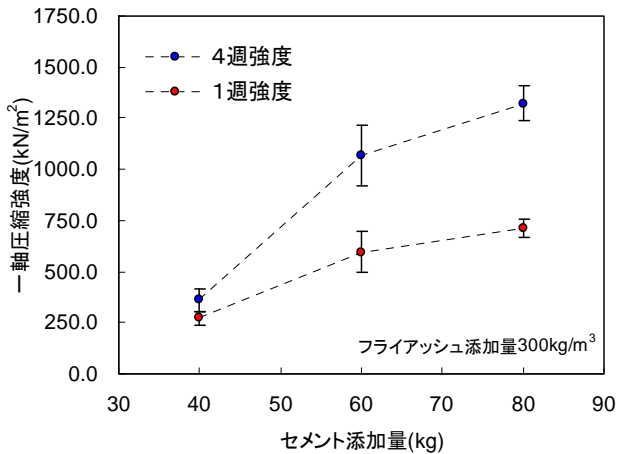


図-4 4週強度とセメント添加量の関係

試体の養生温度については実際の施工時期の海水温度を考慮して10°Cとした。ここで、改良土の含水比についてはミニランプ(h=15cm)が7.0cm±1.0cmとなるように調整している。

(2) 配合試験結果

図-4は室内配合試験における改良土の一軸圧縮強度(kN/m²)とセメント添加量(kg)の関係を示している。セメント添加量の増大とともに1週強度、4週強度ともに強度が増加する傾向を示している。また、セメント添加量の多い条件ほど4週と1週との強度比の値が大きくなることから分かる。図中のバーはフライアッシュ10灰種による標準偏差を示しているが、灰種によるばらつきは比較的小さいことが確認された。

室内試験と現地施工における強度の違いを補正する割増係数を目標強度200(kN/m²)に乗じて室内試験の目標強度を設定することによって、図-4から目標強度を満足するセメント添加量を求めることができる。

4. 改良土の製造・打設方法について

(1) 改良土の製造方法

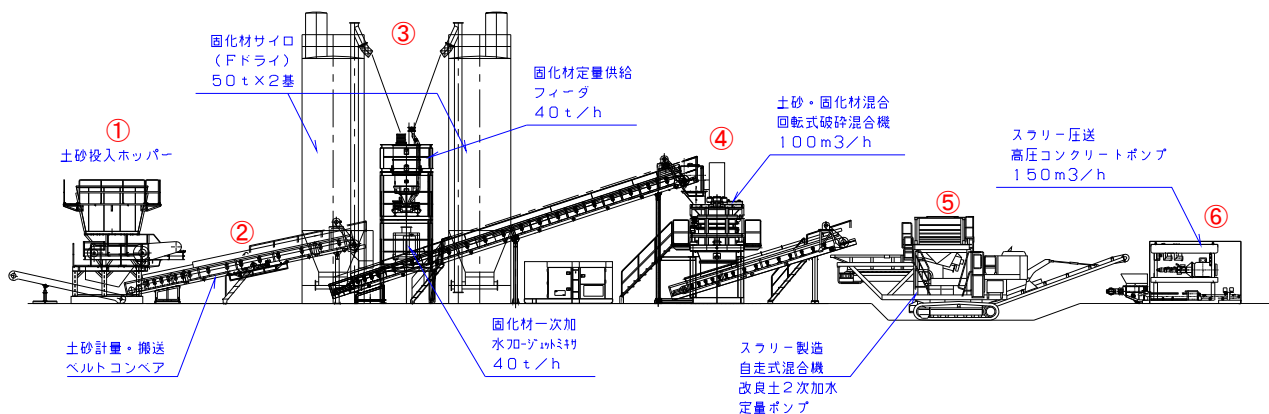


図-5 フライアッシュを用いた改良土の製造フロー



写真-2 改良プラントの設置状況

改良土の混合方法にはベルトコンベヤ方式や機械練りミキサ方式などの各種工法が存在する。本工事においては下記のような改良土の製造フロー(図-5、写真-2)として施工を実施した。

- ①土取り場から運搬した土砂をバックホウでホッパーに投入する。
- ②ホッパーから落下した土砂をベルトコンベア上で計量する。
- ③計量した土砂の量に応じて固化材定量供給フィーダからサイロに貯蔵してある固化材(Fドライ)を添加するとともに一次加水(海水)してさらにベルトコンベアで搬送する。
- ④搬送された土砂、固化材、を破砕式回転混合機(機械練りミキサ)で攪拌混合する。
- ⑤攪拌混合された改良土はスラリー製造自走式混合機に送られ二次加水(海水)を行ってスラリーを製造する。
- ⑥スラリーは高圧圧送ポンプにより定置式配管を通して打設箇所まで圧送する。

上記の製造フローで示した固化材については前章の配合設計で示した配合のフライアッシュとセメントが予め

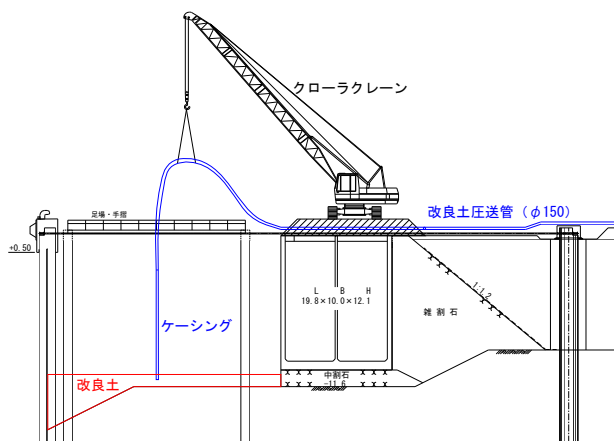


図-6 改良土の打設イメージ



写真-3 改良土の打設状況

工場においてプレミックスされた固化材（Fドライ）を用いて施工を行った。

(2) 改良土の打設方法

事前に混合された改良土の投入・埋立方法にはクラムシェル方式、まき出し方式、シュート方式などの方式が開発されているが、施工箇所には2.5m間隔でタイロッドが存在することからタイロッドへ損傷を与えないため図-6および写真-3に示すようにクレーンで配管を吊って打設するポンプ埋立方式を採用している。本工事においては改良土を水中落下させることによって生じる水中分離を防止するため、ケーシングの先端が改良土中に50～100cm程度挿入されている状態を常に保ちながら施工を行っている。

5. まとめ

本報告では苫小牧港東港区において整備を進めている耐震強化岸壁の埋立工における石炭灰を有効活用した土砂改良の配合設計および現地施工方法について報告した。実際に現地サンプリングした改良土の強度特性については施工途中のため報告できなかったため、次年度以降に報告する予定である。

参考文献

- 1) 善功企・石山 汎・千田宏三・虻川友司・森國夫(1995)：埋立地の液化化対策としての事前混合処理工法の開発、土木学会論文集、No522/pp.19-22
- 2) 高橋哲美・坂下勲・高橋重男(2006)：苫小牧東港区に整備される耐震強化岸壁の設計について、北海道開発技術研究発表会