

38. 石炭灰を主材としたプレミックス材料による人工島築造工法とその機械装置

清水建設(株)：*小田原卓郎・佐野 暁
坂本 和義・堀内 澄夫
竹東 正孝

1. はじめに

北海道室蘭港を横断する白鳥大橋の主塔基礎下部工において、止水山留用の地中連続壁を構築し橋脚基礎を施工するために、水深17mの海上にφ67mの締切りを行い、石炭灰を主材とするプレミックス材料（石炭灰スラリー）の水中打設埋立により人工島を築島した。本報文は、この白鳥大橋の第4橋脚における石炭灰スラリーの施工とその機械装置についての概要を述べたものである。表-1に築島工事の概要を図-1に主塔基礎の構造断面を示す。

2. 石炭灰スラリー築島中詰の狙い

通常の埋立工事では、土砂による埋立が一般的である。今回、築島材料に石炭灰スラリーを用いた狙いは次のとおりである。

①石炭灰は比重が小さく軽いので、海底地盤の支持条件が有利となり、地盤改良を軽減できる。

②石炭灰スラリーは自己硬化性を有し、短時間で固化・自立するので、土砂埋立のような大きな土圧は生じず、締切り鋼管矢板の規模が小さくできる。

③人工島上から施工する地中連続壁の掘削溝壁面が安定し自立するので、築島中詰めの地盤改良を必要としない。

3. 石炭灰スラリーの製造と打設

石炭灰スラリーは締切り横の棧台上に設置した専用の混練プラントで製造し、60m³/hrの圧送能力のスラッジポンプ2台で圧送した。打設は直径67m

の締切り内に17ヶ所の打設位置を設け、1日4ヶ所、1ヶ所1日当たり200m³を毎日移動しながら、全体が均等に打上がっていくよう計画した。スラリーの施工のフローは図-2のとおりである。

表-1 第4橋脚築島工事の概要

発注者：北海道開発局室蘭開発建設部
工事名：一般国道37号室蘭市白鳥大橋第4橋脚築島工事
工期：昭和63年10月5日～平成元年3月15日
施工：清水・鹿島・菱中白鳥大橋建設工事共同企業体
中詰スラリー量：約54,000m ³

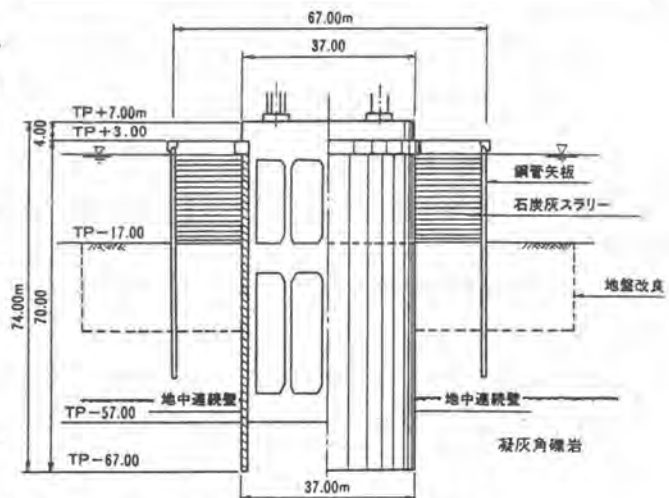


図1 第4橋脚主塔基礎の縦断面図

3.1 石炭灰スラリー

石炭灰スラリーは石炭灰と火山灰および極く少量のセメントに海水を加えて作られた。

石炭灰は石炭火力発電所の燃焼灰を使用した。石炭の種類や燃焼炉によって灰の性質も様々であった。このため、それぞれの灰種に応じたスラリー配合が計画され、配合数は約20種にも及んだ。

火山灰は、比重が軽く比較的ポゾラン活性に富んだ材料

であることから、スラリーの増量材として使用した。石炭灰と火山灰の重量比は7:3である。

セメントは、増量材によるスラリーの強度低下を補い所定強度 ($\sigma = 10 \text{ kg/cm}^2$) を確保するための硬化助材として、30~65 kg/m³添加した。

スラリーの混練水には築島締切り内の海水を使用した。スラリーの配合含水比は灰種により異なるが、おおよそ40~60%である。

3.2 スラリー混練プラント

プラントは能力90 m³/hr で計画し、スラリー混練には2 mの自転・公転ロータ付タービン式強制練りミキサーを用いた。表-2にプラントの概要を、図-3に機台上のプラント配置を示す。

プラント設備の特徴としては、供給ベルトコンベア上に赤外線水分計を設置し、石炭灰と火山灰の含水比を常時オンラインで測定してスラリー配合へ反映したことがあげられる。材料の石炭灰は、発電所で含水比15%程度に散水加湿されており、灰の飛散並びに雨水侵入による含水比変化や品質低下を防ぐために、防水型のフレキシブルコンテナバック詰めにしてトレーラで運搬された。また、火山灰は採取地よりダンプトラックで搬入した。しかし、いずれの材料も含水比の変動が大きいことが判っており、スラリーの適正配合のために含水比を測定し混練水添加量を調整

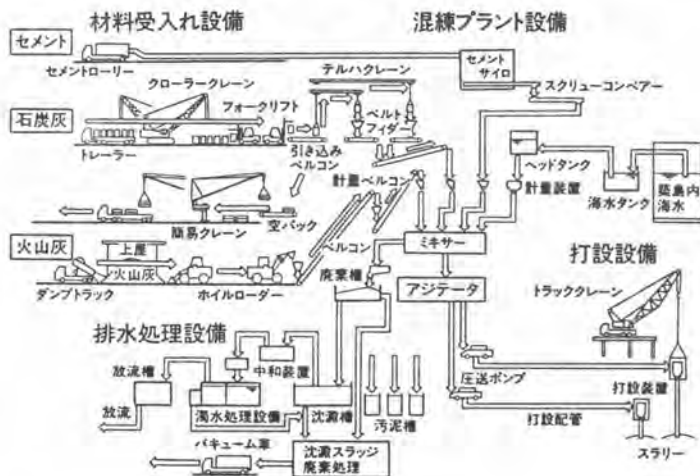


図2 施工のフロー

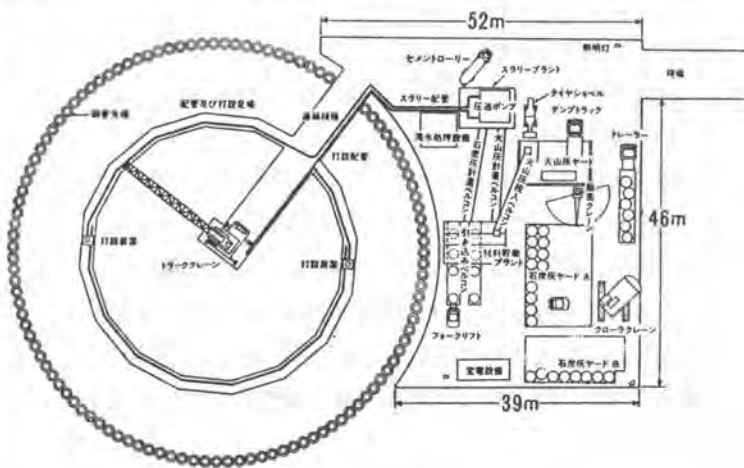


図3 第4橋脚築島中詰工平面図

する必要があった。そこで、赤外線水分計による含水比測定を行い、スラリーの自動配合計算にフィードバックできるシステムとした。表-3に含水比測定の概要を記す。

表-2 スラリープラント概要

能 力	: 90 m ³ / hr
操作方法	: 全自動ワンマンコントロール
計量方法	: 3点ロードセル式電送自動秤
計量設定	: CRT計量コントローラ 10キー設定
電 源	: 3相交流 50 Hz = 200V 単 相 50 Hz = 100V
ミキサ	: 2 m, ボルテックスミキサ

表-3 含水比測定の概要

測定対象	: 石炭灰, 火山灰
測定方法	: 赤外線反射型3波長方式
測定範囲	: 含水比0~40%
測定場所	: 供給ベルトコンベアヘッド部
フィードバック	: 自動放出信号にて測定 を行い、その測定値にて次バ ッチ計量に於て水分補正

3.3 スラリー打設装置

図-4に石炭灰スラリーの水中打設装置を示す。この打設装置は、石炭灰以外の材料を用いたスラリー状改良土等の水中打設にも応用できるもので、以下の特徴を持つ。

(1) 打設管先端開閉用バルブ

打設管先端に空気圧による開閉弁が設けられている。開閉弁の役割は次の2つである。

- ㊲ 打設開始時に、打設管内に流入した水とスラリーとが混じって材料分離や強度低下を生じないように、打設管内がスラリーで充填されるまで先端を閉じて管内への水の流入を押さえる。
- ㊳ 打設装置移動時に、先端バルブを閉じることにより、打設管内のスラリー落下による水質汚濁を防ぐ。

(2) 打設管先端部外装

打設管先端部に、打設管内径に対し外径を大きく取るための外装が施してある。これは、打設装置から吐出されたスラリーの海底面(既打設スラリー面)からの反射・吹き上りを押さえると共に、打設量の増加に伴って生じる打設装置に沿ったスラリーの上昇流速度を小さくし、水中へのスラリー噴出による水質汚濁や材料分離を防ぐためのものである。

(3) 打設装置上端エア抜き装置

スラリー中に連行された空気は、圧送中に配管の曲管

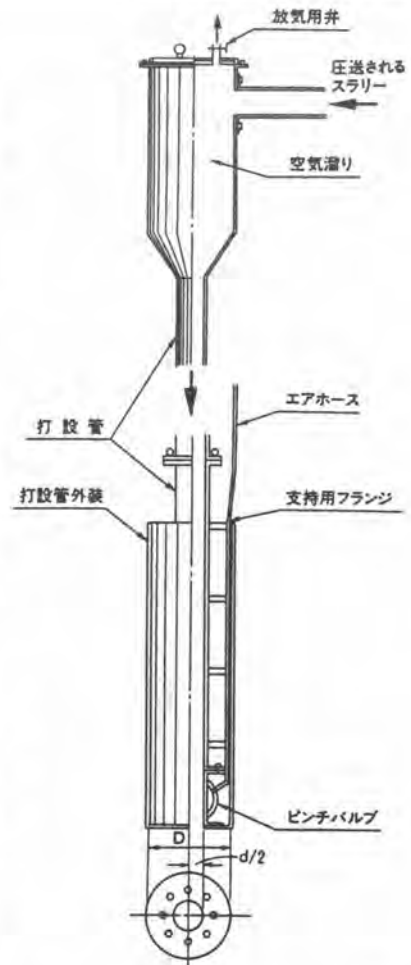


図4 石炭灰スラリー打設装置

部分に除々に溜まり、大量に溜まるとスラリーと共に一気に排出され、打設スラリーを乱して水の汚濁や強度低下を生じる。この曲管部等に濁った空気がスラリーと一緒に送り出されないように、打設装置上端に排気弁を取付けた空気溜りタンクを設け、滞留エアを排出した。

4. 施工結果

4.1 スラリーの品質

石炭灰スラリーの品質管理は、コンクリート用の1/2の高さ15cmのスランブコーンを用いてスランブ値で管理したが、その許容値は $S\ell = 8 \sim 13\text{cm}$ である。

表-4にテストピースによる一軸圧縮強度試験結果の代表値を示す。なお、表中の“コア”とは、締切り内の打設スラリーを後日コア採取したテストピースの強度である。

表-4 スランブおよび強度試験の結果

灰種	スランブ値	$\delta_{7\%}$	$\delta_{10\%}$	$\delta_{15\%}$	コア
J	10.1cm	2.95kg/cm ²	7.95kg/cm ²	11.94kg/cm ²	12.28kg/cm ²
K	10.4cm	5.19kg/cm ²	11.04kg/cm ²	12.01kg/cm ²	12.35kg/cm ²

4.2 施工時の計測

土圧計で測定した鋼管矢板に作用するスラリー圧力の経時変化を図-5に示す。打設から約4時間後までの圧力は $P = \gamma \cdot h$ にほぼ近い値を示すが、時間の経過とともに圧力は消失してゆく。なお、図中の約15時間後の圧力上昇は、締切り内外の水頭差圧力を感知したためである。

図-6には鋼管矢板に発生する曲げモーメントを示した。スラリー打設埋立により発生する曲げモーメントは、土砂埋立について試算したものよりかなり小さな値を示しており、石炭灰スラリー埋立てでは締切り外設壁について経済設計できることを証明している。

5. おわりに

石炭灰スラリーによる築島工事は、当初計画通りに十分にその機能を発揮し、終了した。ウォーターフロント開発が注目される中、今後も同様の築島や埋立てを行う場合にその展開が期待できるものとする。本技術が、今後、益々増加が予想される人工島築島などウォーターフロント開発技術の一助となれば幸いである。

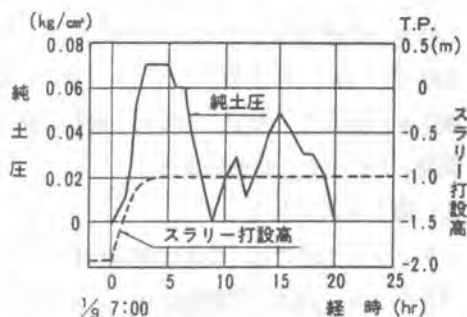


図5 スラリー圧の経時変化



図6 鋼矢板の曲げモーメント