

建設機械化技術・建設技術審査証明報告

審査証明依頼者：コベルコ建機株式会社

株式会社トーマック

技術の名称：TRD 工法

(ソイルセメント地中連続壁工法)

平成9年1月に技術審査証明を取得した上記の更新技術について、社団法人日本建設機械化協会建設技術審査証明事業(建設機械化技術)実施要領に基づき審査を行い、建設技術審査証明書を発行した。以下は、同証明書に付属する建設技術審査証明報告書の概要である。

1. 審査証明対象技術

本工法は図-1に示すように、地盤に挿入したチェーンソー型のカッターをベースマシンと接続し、横方向に移動させて、溝の掘削と固化液の注入、原位置土との混合を同時に行い、地中に連続した壁を造成するものである。施工の状況を写真-1に示す。一般にはH鋼などの芯材を挿入し、建設構造物の下部エヤシールド発進立坑など、地下掘削時の止水兼山留め壁として適用する。さらに、液状化対策や地盤の補強、地下水の遮断など、様々な用途への応用も可能である。

図-2に掘削および攪拌、混合の機構を示す。カッターに装着された掘削ビット(図-3、写真-2)を地盤に押し付けた状態で、通常はかき上げ方向にビットを移動させて掘削を行う。これにより図-3に示すように形状、寸法の異なる一連のビットが溝の全幅を削りほぐし、ほぐされた土はビットの移動およびこれによって生じる固化液の流れに乗って上昇する。その後ほぐされた土と固化液は、チェーンの回転によって溝内を対流し、攪拌、混合される。

2. 開発の趣旨

連続した柱列壁を形成する従来のソイルセメント地中連続壁造成技術は、施工深度が大きくなると、施工性や壁の品質などが問題となる場合がある。本工法は、従来の施工方式の問題点を踏まえ、壁体品質の均質化による止水性の向上、施工精度の確保、掘削攪拌時間の短縮および装置の低空頭化などの改善を図ったものである。

3. 開発目標

- ① 止水性の高い均質な壁体が造成できること。
- ② 直進性、鉛直性に優れた高精度の施工が可能であること。
- ③ 従来方式よりも掘削攪拌時間の短い施工が可能であること。
- ④ 低い作業空間で施工が可能であること。
 - ・装置高さ：I型—5.5 m
II型—12 m
III型—7.0 m
- ⑤ 傾斜した壁(水平俯角30度)の造成が可能であること。

4. 審査証明の方法

各々の開発目標に対し、施工実績のデータおよび施工装置の諸元により、表-1に示すとおり、各審査項目について確認を行うこととした。

5. 審査証明の前提

- ① 審査の対象とする工法は、所定の適用条件のもとで、適正な材料・機械を用いて施工されるものとする。
- ② 審査の対象とする工法に用いる装置は、適正な品質管理のもとに製造され、必要な点検・整備を行い、正常な状態で使用されるものとする。
- ③ 審査の対象とする工法は、「TRD工法 技術資料」に基づき、適正な設計、機械操作および施工管理のも

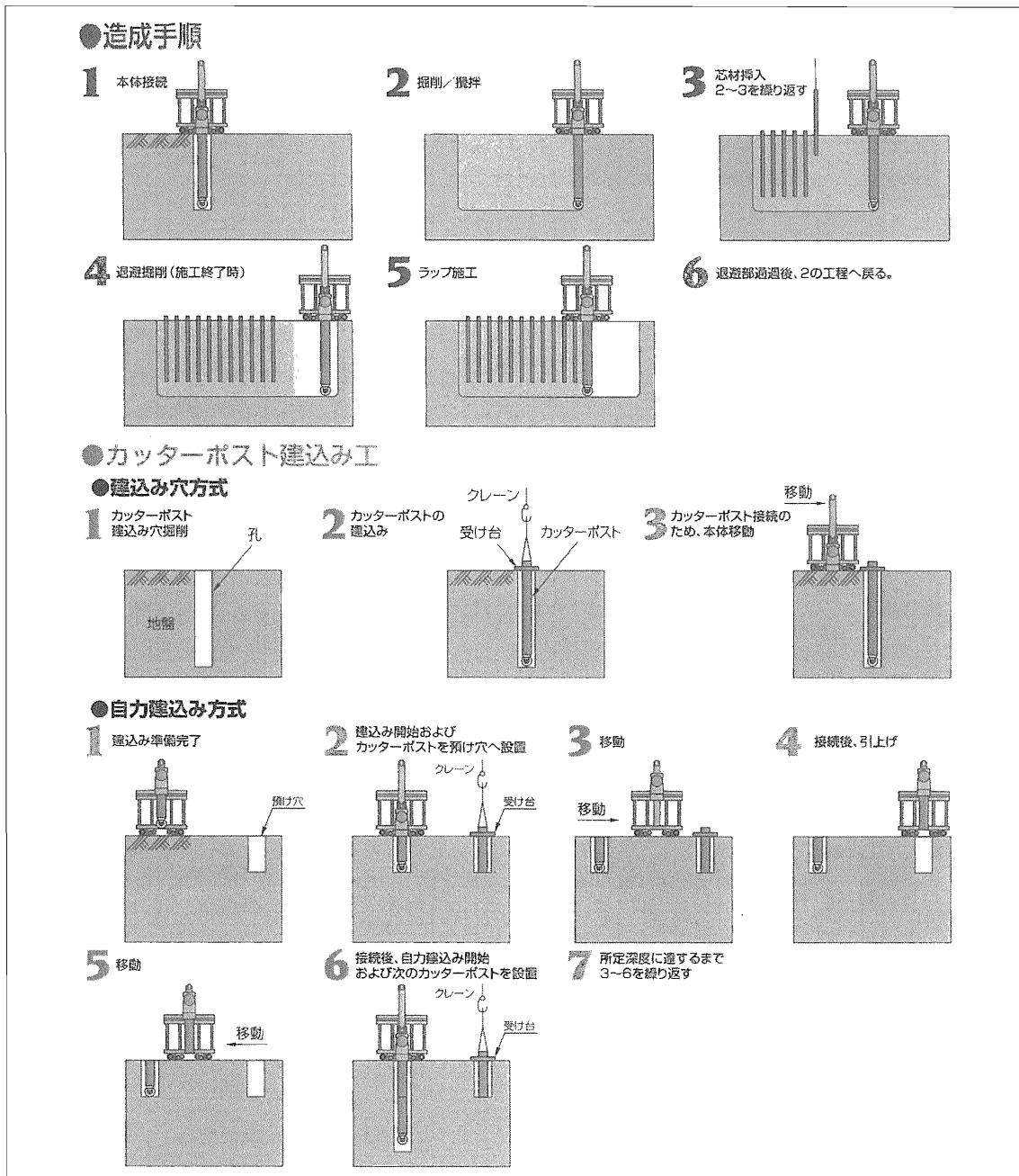


図-1 壁の造成手順

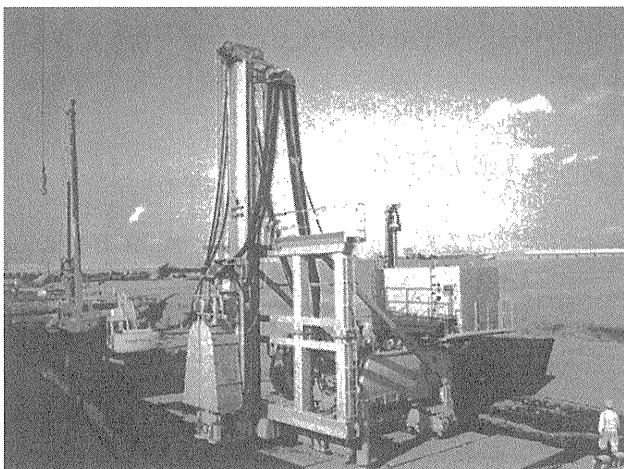


写真-1 施工の状況

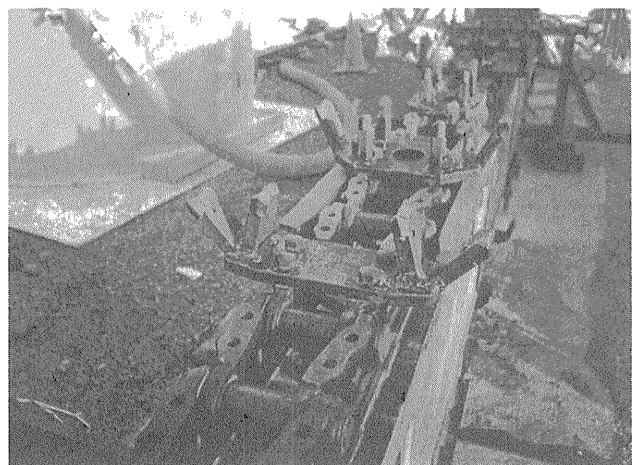


写真-2 カッタービット

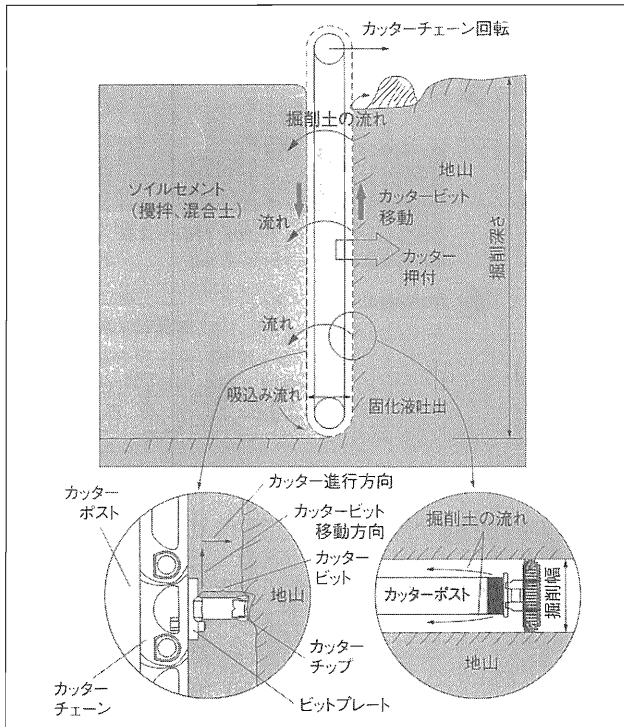


図-2 掘削および攪拌、混合の機構

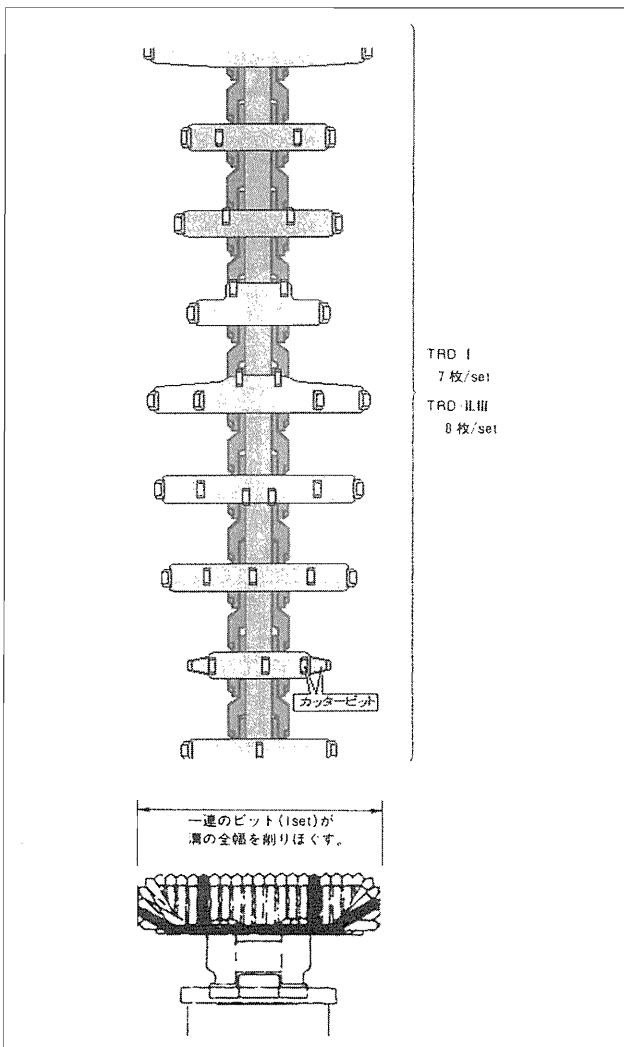


図-3 カッタービットの配列の例

表-1 審査項目と確認方法

開発目標	確認方法
(1) 止水性の高い均質な壁体が造成できること。	(1) 互層地盤における深さ方向の均質性を以下の施工データにより確認する。 ① 腐植土と砂質土の互層地盤において、深さ方向に所定の間隔で採取した試料の密度、一軸圧縮強度 (壁仕様: 深さ 14.5 m, 厚さ 450 mm) ② 粘性土と砂質土の互層地盤において、深さ方向に所定の間隔で採取した試料の一軸圧縮強度 (壁仕様: 深さ 36.1 m, 厚さ 600 mm) ③ 粘性土と砂質土の互層地盤において、深さ方向に所定の間隔で採取した試料の一軸圧縮強度 (壁仕様: 深さ 48.6 m, 厚さ 850 mm) ④ 砂礫土、粘性土と砂質土の互層地盤において、深さ方向に所定の間隔で採取した試料の一軸圧縮強度 (壁仕様: 深さ 51.5 m, 厚さ 850 mm) (2) カッターの進行に伴う均質さの再現性を以下の施工データより確認する。 ① 横方向 5箇所 の同一深度 (7.5 m) で採取した試料の一軸圧縮強度 (壁仕様: 深さ 14.5 m, 厚さ 700 mm) (3) 高い止水性を以下の施工データより確認する。 ① 4件の例における漏水に関する施工記録 ② 粘性土と砂質土の互層地盤において、深さ方向に所定の間隔で採取した試料の透水係数 (壁仕様: 深さ 36.1 m, 厚さ 600 mm および 深さ 49.0 m, 厚さ 850 mm)
(2) 直進性、鉛直性に優れた高精度の施工が可能であること。	(1) 直進性について、カッターの進行手順および管理方法により確認する。 (2) 鉛直性について、管理方法および施工データにより確認する。 (3) 直進性、鉛直性について、記録写真により確認する。
(3) 従来方式よりも掘削攪拌時間の短い施工が可能であること。	過去の施工例をとりまとめ、標準化しな算定式により得られた値と、従来工法に対する国土交通省積算基準により得られた値を比較して確認する。
(4) 低い作業空間で施工が可能であること。 ・装置高さ: I型 5.5 m II型 12 m III型 7.0 m	(1) II型の場合は標準施工装置の高さ寸法, I, III型の場合は低空頭仕様施工装置の高さ寸法および以下の施工実績により確認する。 ① 空頭制限高さ 5.9 m, 施工装置高さ 5.5 m での施工実績 ② 施工装置高さ 7.0 m での施工実績
(5) 傾斜した壁 (水平俯角 30度) の造成が可能であること。	(1) 水平俯角 30度, 壁長さ 6.5 m, 厚さ 450 mm での施工について、記録写真により確認する (土質: ①ロームおよび細砂, ②ゆるい砂)。 (2) ゆるい砂層での施工例 (水平俯角 30度, 壁長さ 6.5 m, 厚さ 450 mm) における事後調査データ (壁体の一軸圧縮強度, 造成位置) により確認する。

とに実施されるものとする。

6. 審査証明の範囲

審査証明は、依頼者から提出された開発の趣旨、開発目標に対して設定した確認方法により確認した範囲とする。

7. 審査証明の結果

前記の開発の趣旨、開発目標に照らして審査した結果は、以下のとおりであった。

- ① 止水性の高い均質な壁体が造成できることが確認された。
- ② 直進性、鉛直性に優れた高精度の施工が可能であることが確認された。
- ③ 従来方式よりも掘削攪拌時間の短い施工が可能であ

ることが確認された。

- ④ 低い作業空間で施工が可能であることが確認された。
- ・装置高さ：I型—5.5 m
 - II型—12 m
 - III型—7.0 m
- ⑤ 傾斜した壁（水平俯角 30 度）の造成が可能であることが確認された。

8. 留意事項および付言

本工法の実施にあたっては、以下のことに留意すること。

- ① 所定の壁体強度に対応した固化材の選定、配合量の設定は、事前に室内配合試験を実施して行い、可能な限り現場での試験施工によって確認することが望ましい。
- ② 本工法における設計および本証明の範囲を超える施工に関しては、今後データの蓄積を図り、設計、施工の確実性を増す必要がある。 JICMA

■ 建設機械化技術・建設技術審査証明報告 ■

審査証明依頼者：株式会社 丸徳基業

技術の名称：ECW 工法（建設汚泥低減型柱列式ソイルセメント地中連続壁工法）

上記の技術について、社団法人日本建設機械化協会建設技術審査証明事業（建設機械化技術）実施要領に基づき審査を行い、建設技術審査証明書を発行した。以下は、同証明書に付属する建設技術審査証明報告書の概要である。

1. 審査証明対象技術

本工法は、図—1 に示すようにソイル壁造成のための壁長を排土区間と注入区間に分け、注入区間にセメント系懸濁液を注入攪拌する事による体積増加により、排土区間の原位置土が地上部に排出される。本工法においては、発生する汚泥は概ね排土区間土量に相当する土量のみとなり、従来施工方法に比して大幅な減量化が可能となる。また、柱列式多軸オーガ機の攪拌翼形状を多段噛合わせ式としたことと、セメント系懸濁液の吐出をエアとミルクの同時同孔噴射方式としたことにより効率の良い攪拌ができ、品質も従来施工方法の品質と同等である。

（1）注入手法による現象および効果

（a）注入手法

- ① 注入区間へのセメントミルクの注入による体積増加分に相当する区間（排土区間）にはセメントミルクを注入せず、エア単独かこれに少量の水を添加し注入区間上部まで削孔する。
- ② セメントミルクの注入は排土区間以深（注入区間）で行う。

③ 注入区間のセメントミルクの注入による体積増加により、排土区間の原位置土が上部に押し上げられ、地上部に排出される。

④ 引上げ注入攪拌が完了した時点では、排土区間の原位置土の大部分が地上に排出されるが、少量の原位置土が残置されるため、この土量に対応するセメントミルクを注入する。

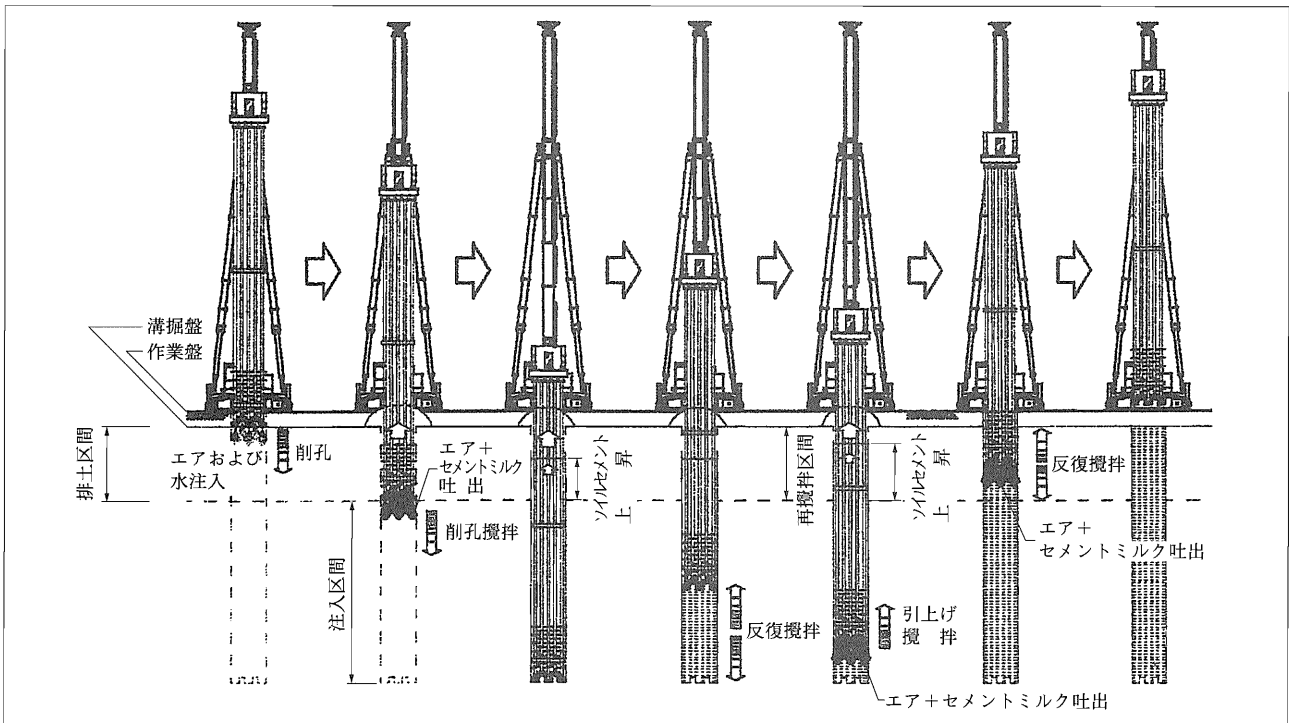
⑤ 再攪拌区間（排土区間に相当）を反復注入し、均質な壁体を造成する。

（b）現象および効果

① 従来施工方法の発生汚泥は、硬化材料が添加された状態で地上部に排出されているが、ECW 工法ではこれを造壁体内に取込みソイルセメントとして有効活用している。このため、発生汚泥として地上に排出されるものは、概ね排土区間土量に相当する土量のみとなり、その量は造壁容量の 50% 程度となる。

② 造壁容量に含まれる残存硬化材量は、注入対象土当たりの配合設定が従来施工方法と同じため、従来施工方法のソイル強度発現と同様の値が提供される。

③ 硬化材量は、注入対象長が従来施工方法の 70% 程度となるため、従来施工方法と比較して 30% 程度低減できる。



図一 壁の造成手順

次に、写真一に掘削機構の概要を示す。セメント系懸濁液と土砂の混合攪拌を従来施工方法より低い W/C で効率よく行うため、スクリー形状は多段噛合わせ式のフラット翼、先端のセメント系懸濁液噴出はエアとミルクの同時同孔噴射方式とした。この方式により、エアで加速されたセメント系懸濁液を攪拌対象土に強く吹付け、攪拌を補助

するため、効率の良い攪拌と排土区間土砂の押し上げができる。

2. 開発の趣旨

従来の柱列式ソイル連続壁工事においては、壁を造成す

① 削孔と混練との機構を兼ね備えた削孔錐軸構成によって施工する。

- 削孔錐軸は相互に連結された複数軸（5軸および3軸）で構成されている。
- セメント系懸濁液は5軸の場合、両端錐軸および中央錐軸から吐出し、3軸の場合は両端錐軸から吐出する。
- 削孔攪拌補助としてエアを全軸から吐出する。
- セメント系懸濁液とエアを混合噴射（エアミルク）し、削孔補助と攪拌補助を同時に行う。

エアミルクの噴射状況

② 混練機構はプロペラ状の攪拌翼を密に配置し、地層構成に関係無く混合攪拌できる多段噛合わせ方式としている。

5軸錐軸 (φ550~φ650)

③ 柱列壁の連続性を維持するため、完全ラップ施工とする（従来工法と同様）。

3軸錐軸 (φ850~φ1,100)

写真一 掘削機構の概要

るために使用するセメントミルク等のセメント系懸濁液の注入量にはほぼ匹敵する汚泥量が発生する。この汚泥は、産業廃棄物として処理しなければならないため、近年の産業廃棄物処理場の逼迫した状況ではその処理費がコストの中で大きなウェイトを占めている。また、この汚泥を搬出するダンプ車の排ガス、騒音問題等からも発生汚泥の減量化技術が求められている。このような状況の中で、発生土のリサイクル施工方法、減容化プラント等を使用して産業廃棄物の減量化は行われているが、そのための設備等のコストが負担となり、経済性の面でも問題があった。

本技術では、従来の柱列式多軸オーガ機の攪拌翼形状の改良と削孔・注入手順の変更によって、硬化材やセメント系懸濁液の注入量と発生汚泥量の減量化を可能にした。さらに、この汚泥の減量化のための新たな設備投資を必要としない、経済的で環境への負荷も低減しうる技術である。

3. 開発目標

- ① セメント系懸濁液注入量が、造壁容量の50%程度まで低減でき、かつ従来施工方法と同品質の壁体が造成できること。
- ② 発生する汚泥量が、造壁容量の50%程度まで低減できること。

4. 審査証明の方法

各々の開発目標に対し、施工実績のデータおよび施工装置の諸元により表-1に示すとおり、各審査項目について確認を行うこととした。

5. 審査証明の前提

- ① 審査の対象とする工法は、所定の適用条件のもとで、適正な材料・機械を用いて施工されるものとする。
- ② 審査の対象とする工法に用いる装置は、適正な品質管理のもとに製造され、必要な点検・整備を行い、正常な状態で使用されるものとする。
- ③ 審査の対象とする工法は、「ECW 工法施工要領」に基づき、適正な設計、機械操作および施工管理のもとに実施されるものとする。

6. 審査証明の範囲

審査証明は、依頼者より提出された開発の趣旨、開発目標に対して設定した確認方法により確認した範囲とする。

表-1 審査項目と確認方法

開発目標	評価項目	確認方法
セメント系懸濁液注入量が、造壁容量の50%程度まで低減でき、かつ従来施工方法と同品質の壁体が造成できること。	セメント系懸濁液のW/C	ミキサ1バッチ当たり硬化材投入量を記録する。
	セメント系懸濁液の注入量	セメント系懸濁液注入量をエレメント毎に流量計にて記録する。 *開発目標： セメント系懸濁液注入量は造壁容量の50%程度
発生する汚泥量が、造壁容量の50%程度まで低減できること。	壁体強度、透水係数	造壁直後の壁体よりソイルを汲取り採取し、モールド詰めして一軸圧縮強度 (qu_7 , qu_{28})、透水係数を測定する。 *開発目標値： 一軸圧縮強度 (qu_{28}) =0.5 N/mm ² 以上 透水係数 =10 ⁻⁵ cm/s オーダー以下
	未硬化の汚泥発生率	発生する汚泥をベッセルに取り、ベッセル総容量と造壁容量を比較して未硬化の汚泥発生率を計算する。
	硬化後の汚泥発生率	現場搬出ダンプ台数より発生汚泥量を計算し、造壁容量と比較して硬化後の汚泥発生率を求める。 *開発目標： 汚泥発生率：造壁容量の50%程度

7. 審査証明の結果

前記の開発の趣旨、開発目標に照らして審査した結果は、以下のとおりであった。

- ① 実証実験工事・実験工事および審査委員現場立会いのデータにより、セメント系懸濁液注入量が、造壁容量の50%程度まで低減でき、かつ従来施工方法と同品質の壁体が造成できることが確認された。
- ② 実証実験工事・実験工事および審査委員現場立会いのデータにより、発生する汚泥量が、造壁容量の50%程度まで低減できることが確認された。

8. 留意事項および付言

本工法の実施に当たっては、以下のことに留意すること。

- ① 特殊な土質（腐植土、ピート等）では、硬化材の選定、配合を別途考慮する必要がある。
- ② 本審査において、確認されたセメント系懸濁液注入率、汚泥発生率は最大深度29mであった。深度29mを超える施工については実施工で確認していく必要がある。
- ③ 施工データに基づき、「ECW 工法施工要領」の内容の充実を図る必要がある。

JICMA