

「コンタクトクレイ吹き付け工法」

—着岩材の吹き付け機械化施工について—

勝 又 正 治

フィルダムの着岩部の盛立て施工は、基盤面を損傷させないように凹凸に応じて木槌等を用い人力でコンタクトクレイ材を貼り付け、使用可能な箇所ではエアタンパーを用いて厚さ5～10 cm程度に盛立てる。この施工は、基盤面の清掃・散水後、天候等に留意しながら、コンタクトクレイ材の性状が変化しないうちに迅速に行わなければならない。そこで、このコンタクトクレイ材の施工を機械化することによって、熟練工を要さずに基盤面を損傷させることなく一定の施工品質を確保でき、施工の効率アップが図れる「吹き付け工法」を開発した。本文は、コンタクトクレイ吹き付け工法のシステム概要と、フィルダムにおける実施工結果を報告するものである。

キーワード：フィルダム、堤体、着岩部、コンタクトクレイ材、吹き付け

1. はじめに

フィルダムの着岩部の盛立て施工は、基礎岩盤に粘土・シルト分の卓越した粘性土を水で溶いてスラリー状にしたクレイスラリーを、ブラシで1～5 mm程度基盤面に塗布する等のクラック処理を行った後、基盤面を損傷させないように凹凸に応じて木槌等を用い人力でコンタクトクレイ材を貼り付け、使用可能な箇所ではエアタンパーを用いて厚さ5～10 cm程度にコンタクトクレイ材を盛立てる(以下、在来工法と記す)。このコンタクトクレイ材の施工は、基盤面の清掃・散水後、天候等に留意しながら迅速に行い、コンタクトクレイ材の性状が変化しないうちに早急に着岩コア材を盛立てなければならない。よって、必要施工量に応じて人手をかけて行われているのが現状である。そこで、このコンタクトクレイ材の施工を機械化することによって、熟練工を要さずに基盤面を損傷させることなく一定の施工品質を確保でき、施工の効率アップが図れる「吹き付け工法」を開発した。当工法は、(財)ダム技術センターより「ダム建設技術・技術審査証明」を取得している。

本文は、コンタクトクレイ吹き付け工法のシステム概要と、公共工事等における新技術活用システムにより、沖縄総合事務局開発建設部発注、前田・三井住友・大城施工の大保脇ダムにて当工法を試行(本施工で使用)した結果を報告するものであり、国土交通省東北地方整備局の新技術活用評価委員会(現 新技術

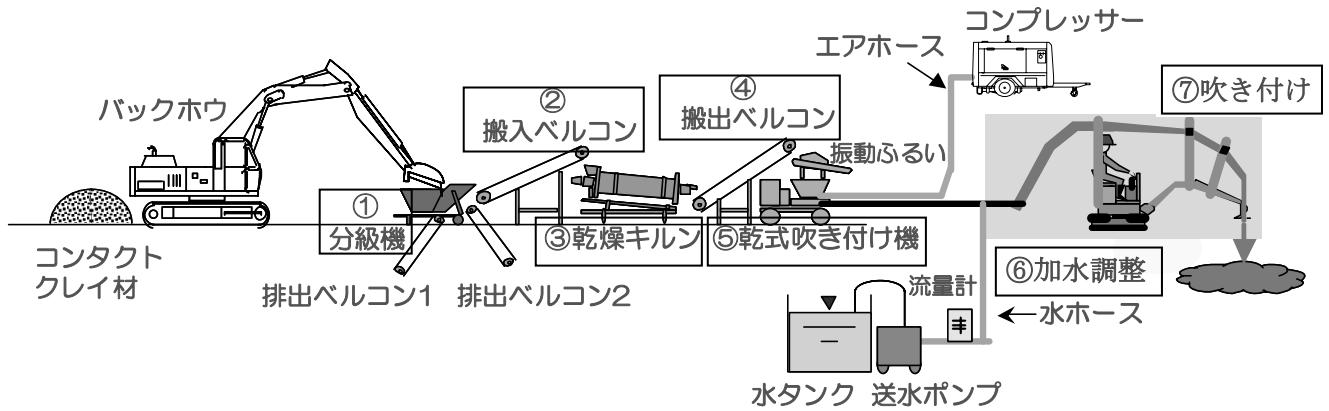
活用評価会議)に提出し、NETIS登録された工法である(TH-050003-V)。

2. システム概要

図—1に当システムの概要図を示し、表—1に機械仕様を示す。また、以下に施工手順を示す。

- (1) バックホウにて分級機にコンタクトクレイ材を投入(①)。分級機にて土塊をつぶし、5 cm程度以上のものをベルトコンベア1, 2にて排出。
- (2) 分級されたコンタクトクレイ材は、搬入ベルトコンベアにて乾燥キルンへ一定投入(②)。
- (3) 乾燥キルンにて約100℃の温度でコンタクトクレイ材の表面を乾燥(③)。
- (4) 表面を乾燥させたコンタクトクレイ材は搬出ベルトコンベアにて乾式吹き付け機へ投入(④)。
- (5) コンタクトクレイ材を乾式吹き付け機でホース先端の吹き付けノズルに圧送(⑤)。圧送されてきたコンタクトクレイ材にホース先端で送水ポンプにて加水し、適切な含水比に戻して吹き付け(⑥)。
- (6) 吹付けはミニバックホウにて行う(⑦)。

乾燥キルンにコンタクトクレイ材を投入すると、1 cm以下の丸い玉状になり表面が乾燥した状態とな



図一 1 システムの概要図

表一 1 機械仕様

名 称	仕様・クラス	用 途	名 称	仕様・クラス	用 途
バックホウ (投入)	0.3m ³ クラス	着岩材の投入	水 タ ン ク	1,000 l	加水用の貯水
バックホウ (吹き付け)	0.03m ³ クラス	吹き付け	流 量 計	0.5 ~ 10 l /min	加水量調節
分 級 機	15m ³ /h	粒径調整・投入量の均一化	発 電 機	45 kVA	電源
乾 燥 キ ル ン	15m ³ /h (実測)	着岩材の表面乾燥	排出ベルトコンベア (1)	W = 350 mm	分級機からの材料搬出
吹 き 付 け 機	21 m ³ /h, D _{max} = 25 mm	吹き付け	排出ベルトコンベア (2)	W = 350 mm	分級機からの材料搬出
コ ン プ レ ッ サ ー	吐出空気量 7.5 m ³ /h	吹き付けエア供給	搬入ベルトコンベア	W = 350 mm	乾燥キルンへの投入
振 動 フ ル イ	20 mm スクリーン	粒径調整・異物除去	搬入ベルトコンベア	W = 350 mm	吹き付け機への投入
送 水 ポ ン プ	最大 16.9 l /min	加水用			

表一 2 物理特性

液性限界 ω _L %	89.2
塑性限界 ω _p %	43.9
塑性指数 I _p	45.4
液性指数 I _L	0.4
コンシステンシー指数 I _c	1.4

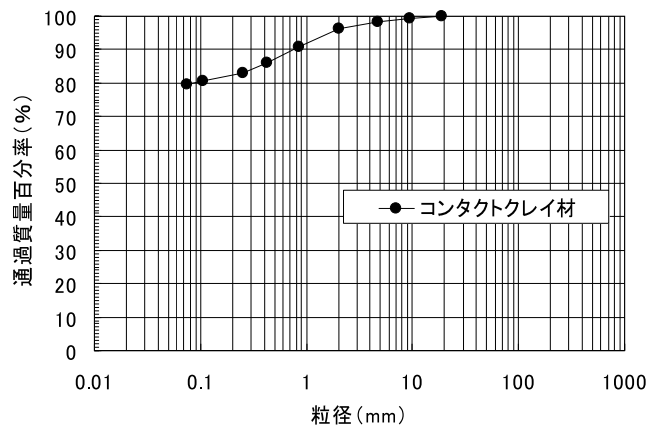
る。この状態で乾式吹き付け機へ投入すると、ホース内で材料が詰まらずに圧送でき、圧送距離は 300 m の実績がある。また、乾燥は表面のみのため、ホース先端で加水すれば適切な含水比に戻すことができる。開発当初、吹き付けノズル先端は人が持って行っていたが、現在はミニバックホウのバケット部に取り付け実施している。

3. 実施結果

(1) 事前施工結果

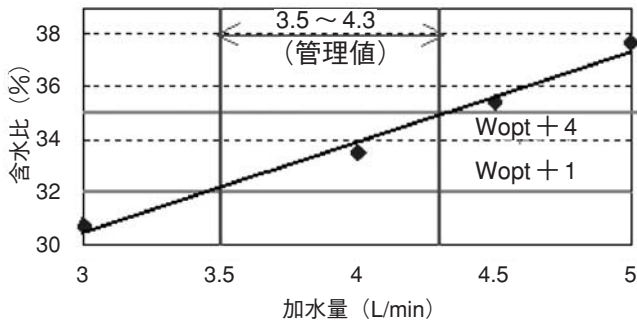
当工法を本施工で実施するに当たり、事前に試験施工を行い、遮水性が在来工法と同等以上（基準値 1.0×10^{-6} cm/sec 以下）であることを確認し、本施工を実施した。使用したコンタクトクレイ材の物理特性を表一 2、粒度分布を図一 2 に示す。

当工法は、乾燥キルンで材料表面を乾燥させるため、吹き付け直前で加水する必要がある。施工時の含水比の基準値は $W_{opt} + 1\% \sim W_{opt} + 4\%$ （室内突固め試験から $W_{opt} = 31\%$ であるため、基準値は 32 ~ 35%）である。含水比がこの範囲に入る加水量は、図一 3 から 3.5 ~ 4.3 L/min であることが分かる。なお、含水比測定には、炉乾燥法よりも迅速に行える電子レンジ法を用いている。図一 4 は、炉乾燥法と電

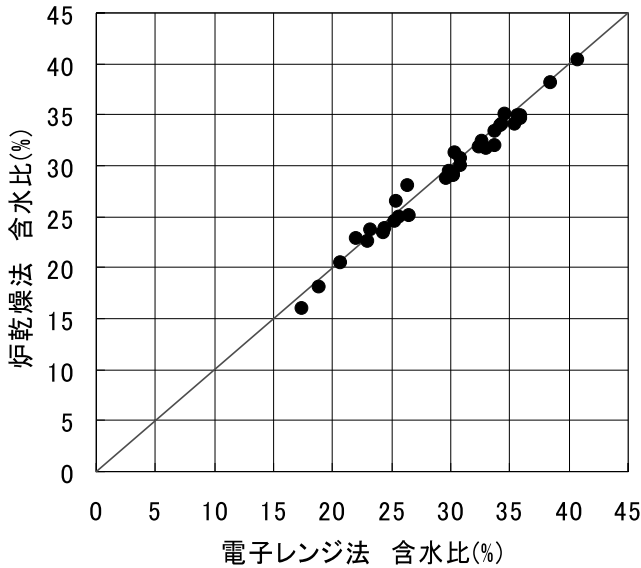


図一 2 粒度分布

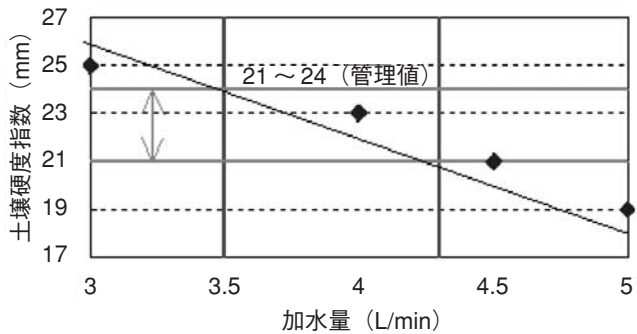
子レンジ法との相関を取り確認を行った結果である。相関係数 $R^2 = 0.981$ からほぼ同等と判断できる。しかし、施工時に含水比はリアルタイムで求められない。そこで、当工法ではこの含水比管理に対し、土壌硬度計による土壌硬度指数を用いている。これによって施工中にリアルタイムで計測でき、不具合があれば瞬時



図一3 加水量と含水比との関係



図一4 炉乾燥法と電子レンジ法の相関



図一5 加水量と土壌硬度指数との関係

に再施工が可能となる。図一5にその結果を示す。加水量 3.5 ~ 4.3 L/min (32 ~ 35%) に対応する土壌硬度指数は 21 ~ 24 mm となる。従って、本施工ではこれを基準値として管理することとした。

(2) 本施工結果

写真一1に本施工時のシステム全景を示す。施工に際しては、岩盤清掃を行い(写真一2)、クレイサラリーを塗布する(写真一3) 在来工法と同様の処理を行った後に吹き付け施工を実施する。写真一4に



写真一1 システム全景 (吹き付け用バックホウを除く)



写真一2 岩盤清掃状況



写真一3 クレイサラリー塗布状況



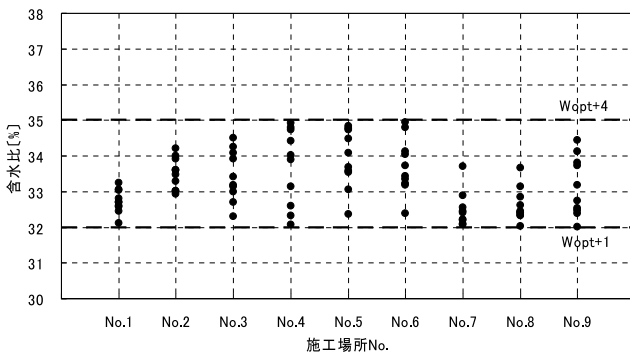
写真一4 吹き付け施工状況



写真一五 在来工法（木槌を用いたコンタクトクレイ材の貼り付け）

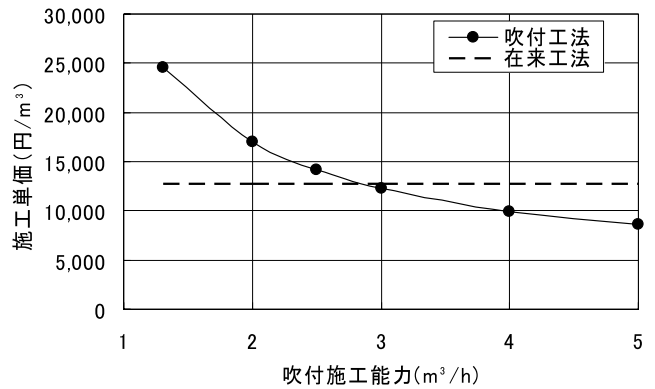


写真一六 土壌硬度測定状況



図一六 含水比結果

吹き付け施工状況を示す。写真一五に示すように、基盤面を損傷させないように凹凸に応じて木槌等を用い人力でコンタクトクレイ材を貼り付けていた在来工法に対し、当工法は熟練工を要さずに基盤面を損傷させることなく一定の施工品質を確保できるものである。写真一六は、施工中の土壌硬度測定状況を示す。施工中に土壌硬度指数が管理値外になった箇所はコンタクトクレイ材を除去し、再施工を行った。これにより、図一六に示すように全ての含水比は管理値内に



図一七 施工能力に対する施工単価



写真一七 基盤面への貼り付き状況

収まる結果が得られた。写真一七は吹き付け後の剥ぎ取り試験状況を示したものである。基盤面にコンタクトクレイ材がしっかり付着している状況が確認できた。

今回使用したコンタクトクレイ材による施工能力は、吹き付け工法が1.31 m³/hで、試験施工時に実施した在来工法が1.24 m³/hであることから、同等程度の能力であった。図一七は、今回の施工結果から求められる施工能力と施工単価を示したものである。この図から、吹き付け工法が在来工法の3 m³/h以上となると経済的であることが分かる。今回使用したコンタクトクレイ材の塑性限界は44%程度であった。施工時の自然含水比が34%程度で、施工含水比基準値範囲(Wopt + 1 ~ 4%)が32 ~ 35%であると、塑性限界よりかなり低い状態での施工となるため、乾燥しすぎの場合はキルン排気口から粉塵が発生したり、吹き付け時にリバウンドが生じる現象が起き、逆に加水量を多くすると上記施工含水比基準値範囲を超えてしまうため、非常に含水比管理が難しい材料であり、施工能力を上げられない大きな要因になっている。よって、結果的に在来工法と同程度の施工能力となった。

安全性については、表一三に示すように、在来工

法に比較して高いと言える。

表-3 安全性について

項目	コンタクトクレイ吹き付け工法	在来工法
材料搬入	システム脇にダンプトラックで搬入し、フィールド内への圧送となるため、施工フィールド内でのダンプトラックとの接触はなくなり、安全に施工ができる	施工フィールド脇にダンプトラックで搬入するため、人と接触する危険性が考えられる
施工	バックホウによる施工のため、施工フィールド内には人が介在せず安全である	バックホウを用いて材料をフィールド内にまき出すため、バックホウと接触する危険性がある エアタンバを保持する人とこれを誘導する人とのペアでフィールド内に入って施工するため、施工フィールド内でエアタンバと接触する危険性がある

4. おわりに

これまでに4現場でこのコンタクトクレイ吹き付け工法の施工実験を実施してきたが、全て施工時の含水比は塑性限界よりも高いところで実施している。よって、吹き付け工法の施工能力は在来工法に対し3 m³/h以上であった。また、これまでの日本でのコンタクトクレイ材の含水比基準値範囲の上限は、最適含水比(Wopt)に対しかなり高い値が採用されているため、今回の施工含水比基準値範囲はまれであると考えられる。よって、最適含水比よりも高い状況で施工ができれば、在来工法よりも処理能力はアップし、経済的メリットも出てくると言える。 JICMA

【筆者紹介】

勝又 正治 (かつまた まさはる)
前田建設工業(株) 技術本部
技術研究所長



橋梁架設工事の積算

—平成 19 年度版—

■改定内容

- 1) 鋼橋編
 - ・架設術設備質量算定式の改訂
 - ・施工歩掛の新規及び一部追加掲載 (杓据付工 (ゴム杓据付工), 歩道橋 (側道橋) 架設工)
 - ・施工歩掛の改正 (鋼橋架設工足場工)
 - ・その他 (送出し・降下の数量名称簡素化, 工種内容の説明補足, 床版足場工簡素化)
- 2) PC 橋編
 - ・機能分離支承の設置歩掛
 - ・外ケーブルによる既設構造物の補強工
 - ・プレキャストセグメント組立工7分割の歩掛
 - ・その他 (張出架設柱頭足場工の追記, 地覆高欄作業車設備の組立解体歩掛, 架設術アンカ

—数の変更等)

- 3) 橋梁補修補強工事積算の手引き (別冊新刊)

■ B5 版 / 本編約 1,100 頁 (カラー写真入り)
別冊約 110 頁 セット

■定 価

非会員：8,400 円 (本体 8,000 円)
会 員：7,140 円 (本体 6,800 円)

※別冊のみの販売はありません。

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 600 円

沖縄県 450 円 (但し県内に限る)

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>