

一矢・輪谷トンネル改良工事における機械施工

—石炭灰有効利用によるカルバート構築式トンネル工法の採用—

小田 康博・山田 恭平・谷田 哲也・田中 克哉

中国電力株式会社島根原子力発電所進入路のうち一矢・輪谷トンネルは、旧規格のため道路幅員が狭く、安全かつ円滑な通行を確保するためトンネル拡幅工事を実施した。また両トンネル間の谷間部は、豪雨時の地山法面崩壊による影響を受けないようにトンネル接続工事を実施した。接続工法には、カルバート構築式トンネル工法を採用しており、本報文では、当工法の機械施工を中心として報告する。

キーワード：カルバート構築式トンネル工法，ツイスタ工法，自由断面掘削機，ツインヘッド，トンネル接続，トンネル拡幅

1. はじめに

中国電力株式会社島根原子力発電所は、島根半島に位置し、1号機（46万kW）は昭和49年3月から、2号機（82万kW）は平成元年2月から営業運転を開始している（図-1）。当発電所進入路のうち一矢・輪谷トンネルは昭和44年に完成したが、旧規格のため道路幅員が狭く、近年の交通量増加、車両大型化に対して安全かつ円滑な通行を確保するため、トンネル拡幅工事（2車線化）を実施した。

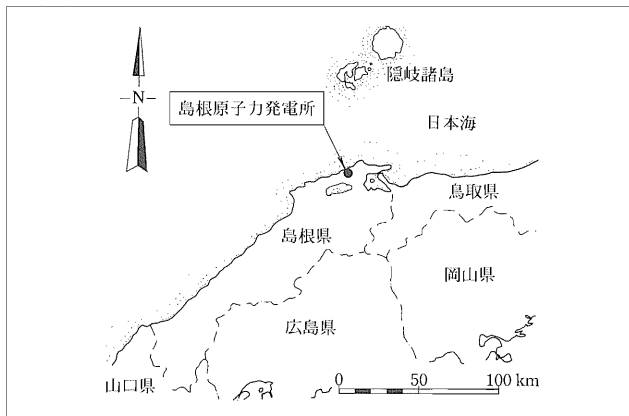


図-1 位置図

また、両トンネル間の谷間部は、過去の豪雨時に地山法面が崩壊した経緯があり、自然災害の影響を受けないようにトンネル接続工事を実施した。

なお、以上の工事は、平成13年4月に開始し、平成15年2月に完了している（図-2）。

2. トンネル接続工事

(1) 工事概要及び工法選定

トンネル接続工事は二つのトンネル間の谷間部をトンネルにより接続する工事であり、従来工法であるRCカルバート工法と新工法のカルバート構築式トンネル工法について経済性、工期、施工性を比較検討した。検討結果を表-1に示す。施工性について、RCカルバート工法では、鉄筋、型枠、支保工等の人力施工の割合が大きく、高所作業も必要となる。一方、カルバート構築式トンネル工法については、通常の盛土工と同様に土工機械による施工が主体であり、工種の単純化、施工の効率化を図ることが出来る。

カルバート構築式トンネル工法は、トンネル周辺にセメント系材料で改良した改良土をアーチ状に盛土し、改良土の強度発現後にトンネルを掘削するものであり、上載荷重に対して改良土のグラウンドアーチ効果によって支持する構造である（図-3）。

接続トンネルの施工延長は約110m（幅員6.5m）、改良土盛土約2万 m^3 、一般土盛土約12万 m^3 である。なお、設計に関する改良土強度、トンネル覆工形状については2次

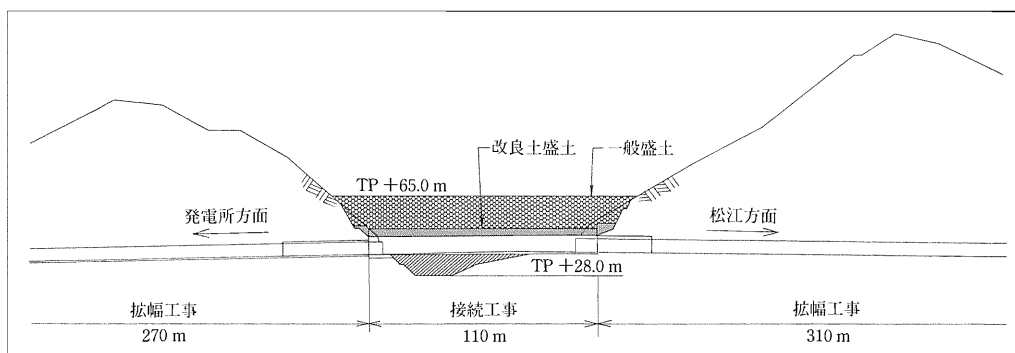
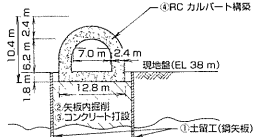
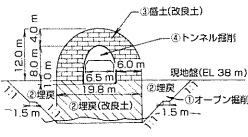
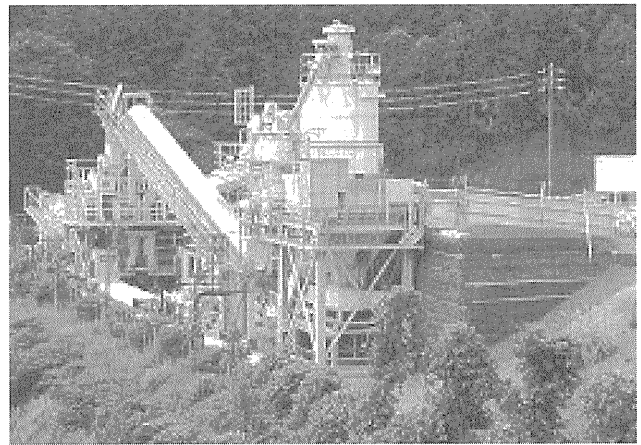


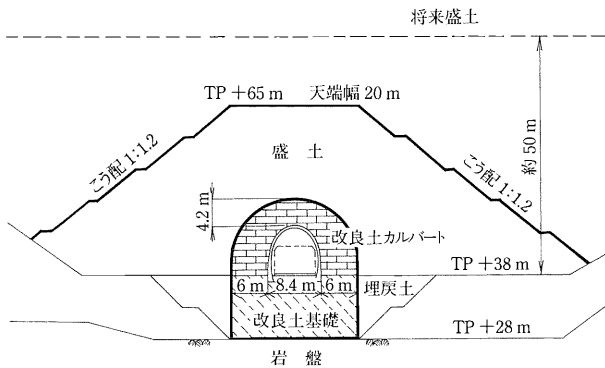
図-2 トンネル縦断面図

表一 トンネル接続工事工法比較

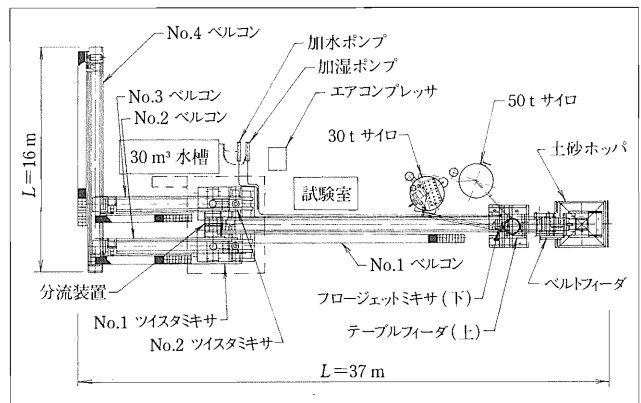
	RC カルバート工法	カルバート構築式トンネル工法
概要図		
施工性	人力施工の割合が大き	機械施工が中心となる
経済性	(ベース)	(ベース) ×85%
工期	24 箇月	21 箇月



写真一 改良土プラント全景



図一 接続トンネル標準断面図



図四 改良土プラント平面図

元 FEM 解析に基づき決定した。

(2) 施 工

本工事ではトンネル本体材料として、既設土捨場の礫質土にジオシード（セメント・石炭灰の混合体）を混合した改良土を使用した。工事に先立ち、改良土の所定強度を確保するための試験施工を実施し、表一2のように配合、施工方法を決定した。

表一2 改良土の配合及び施工方法

配 合	セメント添加率：8%， 石炭灰添加率：20%， 含 水 比：最適含水比+3%
施工方法	施 工 機 械：210 kN 級振動ローラ 転 圧 回 数：8 回 仕 上 が り 層 厚：20 cm

表一3 改良土プラント主要設備諸元

名 称	仕 様
ツイスタミキサ	70 m³/h
土砂ホッパ	10 m³
ベルトフィーダ	W=1,200 m, L=4 m
オートフィーダ	40 t/h
フロージェットミキサ	40 t/h
30 t サイロ	30 t 30 t/h
50 t サイロ	50 t 30 t/h
No. 1 ベルトコンベヤ	W=750 m, L=24 m
No. 2 ベルトコンベヤ	W=750 m, L=10 m
No. 3 ベルトコンベヤ	W=750 m, L=10 m
No. 4 ベルトコンベヤ	W=750 m, L=15 m
加湿ポンプ	40~70 L/min
加水ポンプ	80~140 L/min

(a) 改良土製造

改良土製造にはツイスタ（twister）工法を採用した。同工法は、円筒内で高速回転する複数のチェーンの打撃力で材料を細粒化するとともに均質な混合を同時に行うものである。同工法を採用することで製造プラントの機械設備のスリム化を図り、施工ヤードを縮小するとともに製造工程の簡素化を図ることも出来た。

写真一1 及び図一4 にツイスタプラントの全景写真及び全体平面図を示す。また、プラント主要設備の諸元を表一3 に示す。

原料土は、既設土捨場内で移動式クラッシャにより

1次破碎（100 mm 以下）した後、27 t ダンプに積込んで改良土製造プラントに運搬した。

改良土製造プラントではツイスタ工法により原料土の2次破碎（50 mm 以下）及びジオシードとの均質な混合を同時に行うとともに、加水による含水比調整を行った。図一5 にツイスタミキサの概念図を示す。

なお、ツイスタミキサの稼働時間当たりの製造実績は73 m³/hであった。

(b) 改良土盛立

製造された改良土は、27 t ダンプに積込んで盛立て

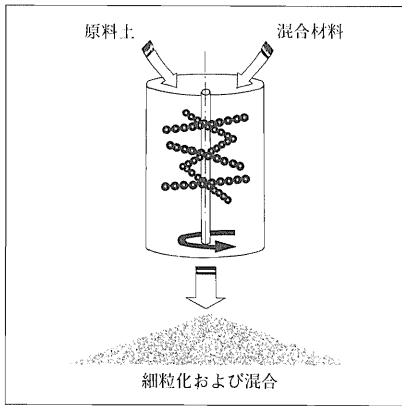


図-5 ツイスタ工法
概念図

箇所に運搬し（片道約 1.0 km）、ブルドーザ（D6級）で仕上がり層厚が 20 cm となるよう敷均した後、振動ローラ（起振力 190 kN）で 8 回転圧を行った。改良土盛立施工実績を表-4 に、施工状況を写真-2、写真-3、写真-4 に示す。なお、改良土盛立の日平均施工量は約 250 m³ であった。

（c） トンネル掘削

トンネルの掘削は、中詰土掘削及び周辺改良土の仕上げ切削であり、ツインヘッドによる全断面掘削工法により施工した。本工事で使用したツインヘッドは最大クラスの油圧ショベル 0.9 m³ 級ツインヘッド（MT 2000 級）である。これは、工期短縮の必要性和類似工事実績から、改良土の切削には大型ツインヘッドを用いた方が有利であることが予想されたためである。

本ツインヘッドは、重量 1,900 kg、切削ドラム回

表-4 改良土盛立施工実績

施工月	平成 14 年 10 月	11 月	12 月	平成 15 年 1 月	2 月	3 月	合 計
日数 (日)	10	19	18	14	19	7	87
施工量 (m ³)	2,452	3,989	3,899	3,901	5,873	1,306	21,420



写真-2 改良土盛立て状況全景

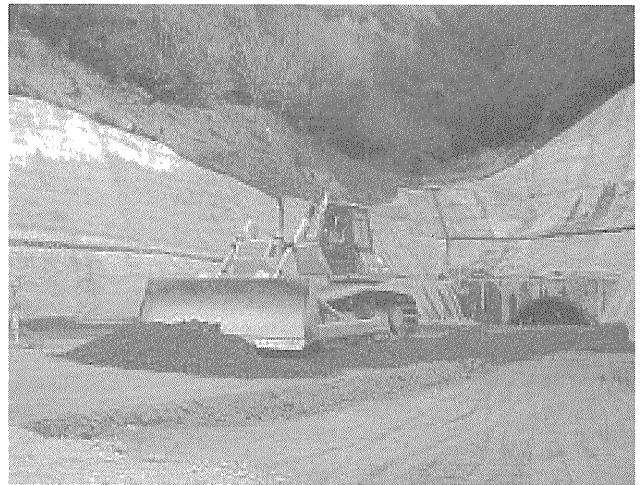


写真-3 改良土撒出し状況



写真-4 改良土転圧状況

転数 38 rpm（油量 220 L/min の場合）、一軸圧縮強度最大 50 N/mm² 程度の岩盤まで切削可能である。

施工サイクルは、

- ① 中詰土掘削
- ② 仕上げ切削
- ③ 金網設置
- ④ コンクリート吹付け

である。

掘削断面積 56 m²、施工延長 110 m であったが、大型ツインヘッドを使用したこと及び改良土が所定の強度を発現しており、無支保施工としたこともあり日進約 3~4 m で進行することが出来た。

写真-5 に接続トンネル中詰土掘削状況を示す。

3. トンネル拡幅工事

（1） 工事概要及び工法選定

トンネル拡幅工事は、道路構造令第 3 種第 4 級の建築限界、幅員を確保するため、既設トンネル（馬蹄形断



写真-5 中詰土掘削状況



写真-6 トンネル側壁コンクリート切削状況

面)の側壁を鉛直方向に切削して、幅員を50 cm 拡幅すると共に、道路面を43 cm 盤下げするものである。

既設トンネル内での側壁コンクリート切削工法には、

- ① ツインヘッダ
- ② 自由断面掘削機
- ③ ブレーカ+人力工法

について比較検討した結果、トンネル内での作業性、施工効率の優れた自由断面掘削機による工法を選定した。

自由断面掘削機は軟岩及び中軟岩の掘削に適し、コンクリートの切削は十分可能である。

トンネル拡幅部標準断面図を図-6に示す。

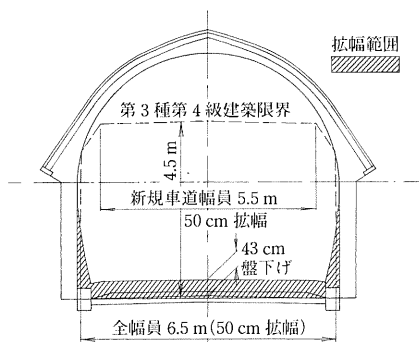


図-6 トンネル拡幅部標準断面図

(2) 施 工

側壁コンクリート切削に使用した自由断面掘削機は、重量20 t、全長11.3 m、幅2.8 m、クローラ式でコンパクトな機体に強力な切削能力(一軸圧縮強度60 N/mm²までの硬岩切削可能)を備え、施工精度も高くトンネル内での作業効率を向上させることが出来た。また、人力ブレーカによるはつり作業を省略したことで安全性が高く工期短縮にもつながった。延べ切削面積約3,000 m²(切削量約370 m³)に対するトンネル拡幅工事の日平均施工面積は約42 m²(切削量5 m³/日、切削日数73日)であった。写真-6にトンネル側壁コンクリート切削状況を示す。

4. おわりに

本報文では、中国電力株式会社島根原子力発電所既設トンネルの接続・拡幅工事における機械施工について報告した。カルバート構築式トンネル工法の採用で、機械土工中心となり施工性の優れた工事となった。また、当工事で使用した改良土は、厳密な粒度・含水比調整とセメント・石炭灰との混合を行い、現場での確実な締固め管理を行った結果、品質の優れた高強度改良土となった。今後の類似工事の参考となれば幸いである。

JCM/A

【筆者紹介】

小田 康博(おだ やすひろ)
中国電力株式会社
島根調査事務所土木計画部
部長



山田 恭平(やまだ きょうへい)
中国電力株式会社
土木部原子力土木担当
副長



谷田 哲也(たにだ てつや)
中国電力株式会社
島根調査事務所土木計画部



田中 克哉(たなか かつや)
日本国土開発株式会社
広島支店
施工部

