

カルバート構築式トンネル工法の改良土試験施工

中国電力株式会社	正会員	小田 康博
中国電力株式会社	正会員	浅間 康史
日本国土・戸田建設共同企業体		馬田 健二
日本国土・戸田建設共同企業体		田中 克哉
日本国土開発株式会社	正会員	○田代 晃一

1. 目的

島根原子力発電所では、カルバート構築式トンネル工法で2つの道路トンネルの接続工事を施工中であるが、そのトンネル本体材料として「リサイクル」と「長期強度安定」の観点から、既設土捨場の礫質土にジオシード（セメント・石炭灰混合体）を混合した改良土を採用した。図-1、2にトンネルの概要を示す。

これまでの同様な施工事例では、トンネル本体材料として、まさ土や現地発生礫に購入砂・セメントを混合した改良土などの使用例はみられる。しかし、石炭灰を混合した事例はなく、配合および施工方法は確立されていないため、その適用性検証を目的に試験施工を実施した。

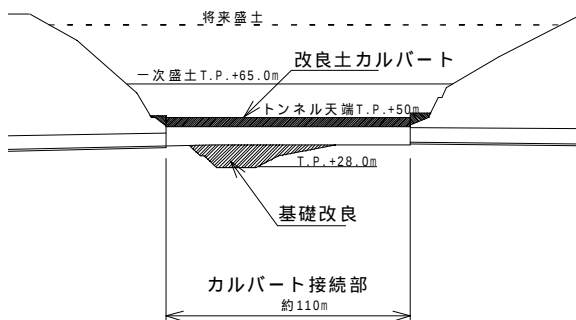


図-1 トンネル縦断面図

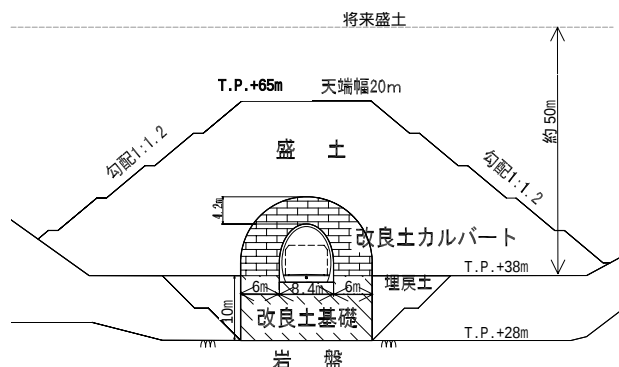


図-2 トンネル標準断

2. カルバート構築式トンネル工法について

本工法は、改良土を含む盛土を先行して施工し、トンネル掘削に伴って生じる応力を改良土に負担させるものである。将来盛土約50mを考慮してRCカルバートと比較した結果、工期・工事費圧縮を図ることができる本工法を採用した。

なお、本工法の設計では、2次元有限要素法による解析を用いて、改良土強度（設計基準強度： 4.0N/mm^2 ）およびトンネル内空形状等が決定されている。

3. 試験施工結果

試験施工は、室内材料試験で原料土の性状及び改良土の物理・力学特性等を把握して改良土配合の候補を絞り、現場転圧試験で配合および施工方法（使用機械、転圧回数等）を決定する段階的な実施を計画した。

(1) 室内材料試験

a) 一般物理試験

原料土の粒度、密度、間隙率等について試験した。特に粒度については、原料土のままでは礫の形状、割合とも大きく、強度発現が期待できないため、モービルクラッシャーによる1次破碎（100mm以下）後、ツイスター工法により2次破碎（50mm以下）したものを使用した。

なお、ツイスター工法とは、円筒内で高速回転する複数のチェーンの打撃力で材料の細粒化と均質な混合を行う装置である。図-3にそのミキサー概念図を示す。

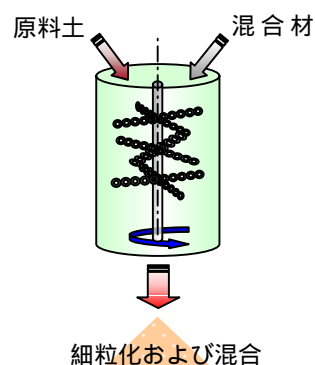


図-3 ツイスターミキサー概念図

キーワード 礫質土、石炭灰有効利用、ジオシード、カルバート構築式トンネル工法、ツイスター工法

連絡先 〒107-8466 東京都港区赤坂4-9-9 日本国土開発株式会社施工本部土木部 TEL 03-5410-5750

b)一軸圧縮強度試験

現場施工における改良土品質のばらつきを想定し、試験値が設計基準強度を下回る確率を 5.0%，材齢 91 日強度の変動係数を 14%と仮定して、目標強度を 5.2N/mm^2 とした¹⁾。

セメント添加率 3 種類（8，12，16%），石炭灰添加率 2 種類（10，20%）の 6 配合についての試験結果を図-4 に示す。この結果から、配合候補は石炭灰添加率 20%，セメント添加率 8%に絞った。

なお、石炭灰添加率に比例して強度発現も大きくなることが確認されたが、施工性から石炭灰添加率上限は 20%程度と考えた。また、含水比は、最適含水比より 3%程度大きくすれば、水和反応促進により強度が数%増大するためこれを採用した。

(2)現場転圧試験

室内材料試験で得られた配合候補について転圧試験を行い、配合と施工方法（使用機械、転圧回数等）を決定した。写-1 に試験の実施状況を示す。

a)使用機械

現地発生礫材は風化して細粒分を多く含んでおり、振動ロ-ラ-では付着等施工性が懸念されたため、タイヤロ-ラ-についても試験を行った。転圧回数と沈下量との関係は図-5 に示す通りであり、次の理由から振動ロ-ラ-に決定した。

- ・ タイヤロ-ラ-は、沈下量が小さく（転圧回数 2～4 回で頭打ち）、締固め効果が期待できない。
- ・ 振動ロ-ラ-は、沈下量が大きく、ロ-ラ-への細粒分付着の問題も発生しなかった。

b)転 圧 回 数： 目標強度を満足する 8 回とした。

c)仕上り層厚： 他の施工事例²⁾も参考に 20cm とした。

d)一軸圧縮強度試験結果： 以上の配合の試験施工による一軸圧縮強度試験結果は、 6.2N/mm^2 （ σ_{91} 強度）となり所定の目標強度を満足した（図-6 参照）。

なお、強度試験結果の変動係数は 12%であり、現場目標強度も室内材料試験時の想定値と同程度であることを確認した。

4. まとめ

試験施工の結果からセメント 8%・石炭灰 20%の添加率で現場目標強度 5.2N/mm^2 を満足することを確認し、礫質土にジオシードを混合したセメント改良土の本体施工への適用性が実証できた。

今後の課題としては、石炭灰添加による強度発現効果を定量的に把握し、セメント添加率を抑えてコストダウンを図ることが挙げられ、これにより更なる石炭灰有効利用につなげることができると考える。

参考文献

- 1) コンクリート標準示法書-耐久性照査型- 施工編 平成 11 年版 p58-59
- 2) 鷲見工事におけるトンネル工法カルバートの設計 土と基礎 1997 年 4 月 p31-33

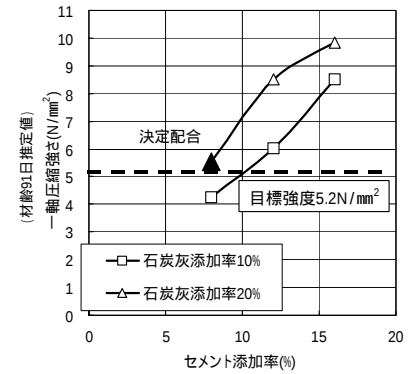


図-4 セメント、石炭灰添加率と一軸圧縮強さとの関係



写-1 現場転圧試験実施状況

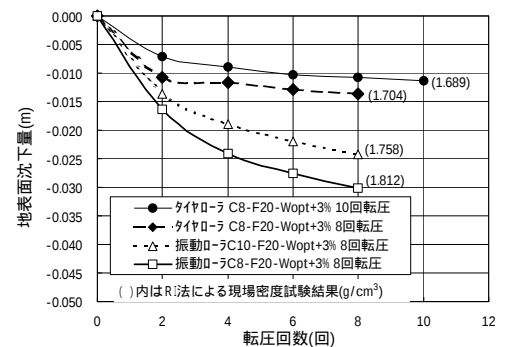


図-5 転圧回数と沈下量との関係
〔C:セメント(%), F:石炭灰(%), W:含水比(%)]

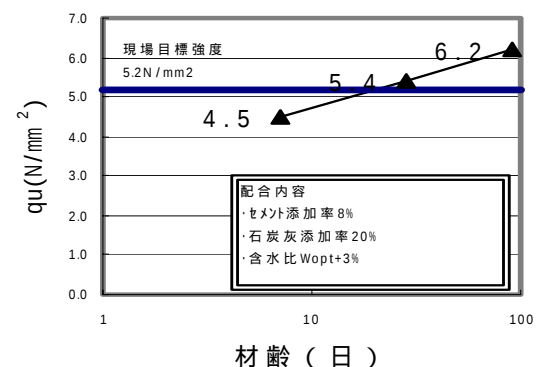


図-6 現場強度試験結果