カルバート構築式トンネル工法の設計・施工

中国電力㈱　正会員　山田恭平，吉次真一
正会員○小田康博，森脇富士夫

1．はじめに

島根原子力発電所進入道路のうち一矢・輪谷トンネルは，旧規格のため道路幅員が狭く，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，拡幅工事(２車線化)を実施している。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新設の接続トンネル工事を実施している。（工期：平成 13 年 4 月～平成 14 年 12 月）

本稿では，接続トンネルで採用したカルバート構築式トンネル工法の設計・施工について報告する。

2．設　計

（1）カルバート構築式トンネル工法の採用

当工法は，セメント系材料で改良した土(以下「改良土」)の盛土等を先行し，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アーチによって支える構造である。

トンネル供用再開後の将来盛土も考慮すれば，最終盛土高は約 50m と大きく，従来のＲＣカルバート工法と比較した結果，経済性に優れ(コスト縮減約 15%)，工期短縮（３カ月短縮）も図れる当工法を採用した。

（2）二次元有限要素法による解析

地質調査データをもとに二次元有限要素法の解析モデルを作成し，設計を行った。具体的には，ａ．改良土強度，ｂ．トンネル形状，ｃ．改良土カルバート厚さ，ｄ．トンネル覆工形状をパラメータとして比較検討を行った。

土質条件を表－１，解析モデルを図－３に示す。

（3）検討結果

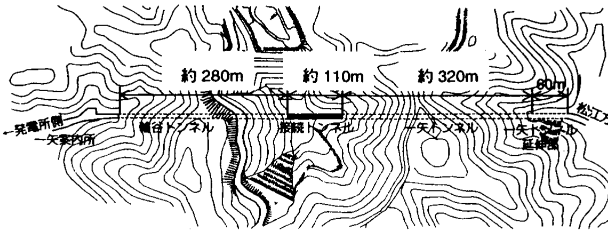
ａ．改良土の設計基準強度(一軸圧縮強度)については，解析結果等に基づき 4N/mm^{2}とした。

ｂ．トンネル内空形状は，半円形，馬蹄形及び楕円形で比較し，圧縮応力が最も小さく，トンネル天端で引張応力が発生しない楕円形を採用した。

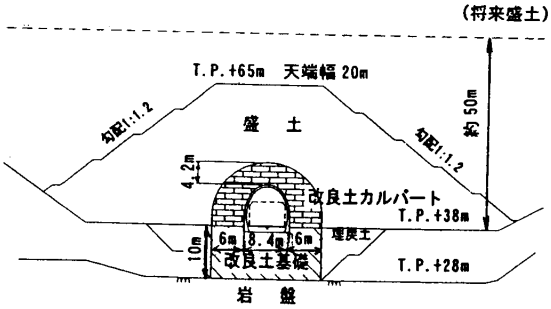
ｃ．カルバート厚さは，４m，６m及び９mで比較し，引張応力の発生しない６mを採用した。

ｄ．トンネル覆工の形状については，改良土基礎の最大圧縮応力が発生する側壁下部の設置幅を広くし，圧縮応力の低減を図った。

図―４に解析ステップ，図－５に解析結果を示す。



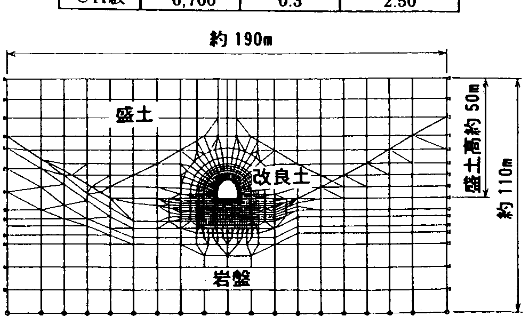
図－１　接続トンネル位置図



図－２　接続トンネル標準断面図

表－１　土質条件

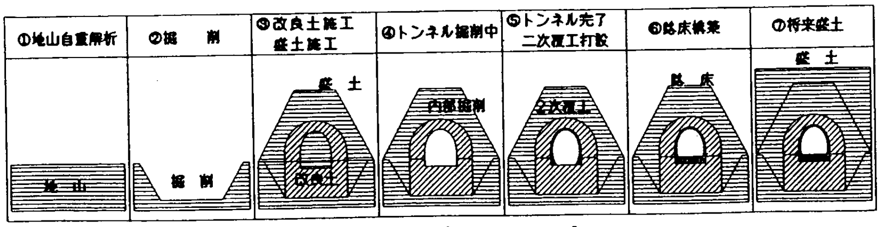
	変形係数 E (N/mm^2)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (t/m^3)
埋戻土	50	0.3	2.11
崖錐	50	0.4	2.00
改良土	800	0.3	2.00
D級	140	0.3	2.07
CL級	730	0.3	2.31
CM級	1,500	0.3	2.41
CH級	6,700	0.3	2.50



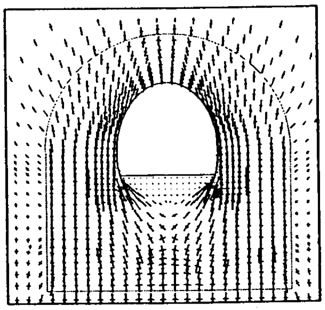
図－３　解析モデル

キーワード　カルバート構築式トンネル工法，改良土，石炭灰有効利用，ジオシード

連絡先　〒690-0324 島根県八束郡鹿島町大字片句 654-1 中国電力株式会社 島根調査事務所 TEL0852-82-3451



図－４　解析ステップ



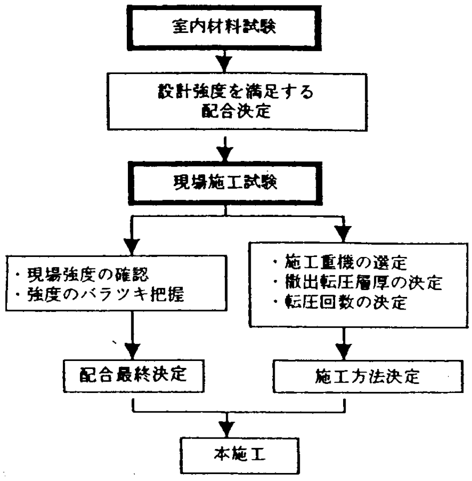
図－５　解析結果（主応力図）

３．施　工

（１）改良土試験工事（詳細は別途報告）

室内材料試験，現場施工試験と段階的に行い，前者で配合の有力案を絞り，後者で配合，施工方法を決定した。(図－６参照)

- 改良土の原料土（必要量：２万m^3）として既設土捨場の盛土（礫質土）を使用した。
- 改良土の混合材は，石炭灰の有効利用の観点から，ジオシード（セメントと石炭灰との混合体）を使用した。
- 原料土に対する添加率をセメント８％，石炭灰 20％とする配合とした。また，含水比はセメントの水和反応促進のため最適含水比＋3％とした。
- 施工機械は，礫質土に対して締固め効果の大きい振動ローラーを採用し，転圧回数８回，仕上り層厚 20 ㎝とした。
- 試験改良土の一軸圧縮強度は 6.2N/㎟(91 日強度)が発現し，目標強度 5.2N/㎟（設計基準強度に変動係数 14％考慮）を上回った。



図－６　試験工事フロー

（２）施工管理：試験工事結果を踏まえ，表－２に示す施工管理基準に基づき施工した。

表－２　主な施工管理基準

	項目	方法	回数	規格値	備考
原料土	粒度	粒度試験	1 回/日	75μm 通過率 17％以下	試験工事において細粒分通過率 17％以下で所要の強度発現
改良土	最大粒径	粒度試験	1 回/日	50 ㎜通過率 100％	類似の施工実績[1]を参考に最大粒径を決定
	含水比	ＲＩ法	1 回/層 (10 点)	最適含水比 ＋ 0～３％	試験工事において最適含水比＋０～３％で所要の強度発現
	締固め度	ＲＩ法	同 上	最大乾燥密度の 92％以上	試験工事において最大乾燥密度の 92％以上で所要の強度発現
	最適含水比 最大乾燥密度	突固め試験	1 回/5,000m^3	－	材料変化時にも実施
	一軸圧縮強度	一軸圧縮 強度試験	1 回/2,000m^3	91 日強度が 4N/㎟を下回る確率５％以下	規格値はコンクリート標準示方書[2]に準拠。

また，改良土内には土圧計，傾斜計を設置しており，今後，計測管理による検証を実施する予定である。

４．おわりに

改良土の混合材に初めてジオシードを採用したカルバート構築式トンネルの施工は順調に進捗し，平成 14 年３月に改良土盛立を完了した。今後，上部盛土，接続トンネルの施工を行うが，確実な施工管理に努めるとともに，計測データをもとに設計の検証を行う考えである。

（参考文献）１）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
２）コンクリート標準示方書　施工編　耐久性照査型　平成 11 年度版　P58-59