

旧炭坑地域を貫くトンネルの設計と計測管理

Design and Controlemessure of Tunnel in The Area of Coal Pit

(株)ドーコン交通施設部 ○正 員 岡田 正之 (Masayuki Okada)
 (株)ドーコン交通施設部 西堀 健亮 (Kensuke Nisibori)
 (株)ドーコン交通施設部 登嶋 弘人 (Hiroto Toshima)
 (株)ドーコン交通施設部 三田村大松 (Daimatsu Mitamura)
 西松建設(株) 佐藤 喬一 (Kyouichi Sato)
 西松建設(株) 小倉 仁志 (Hitoshi Ogura)

1. まえがき

道道赤平奈井江線のうち赤平市茂尻の国道38号との交点から歌志内市字旭町に至る約2.7km区間は狭小トンネルや線形不良区間であることから、平成6年に改良ルートが確定された。本トンネルは改良ルートに計画される延長1,025mの2車線道路トンネルである。

当トンネルが計画される地域は旧炭坑地域であり、既往調査および事前調査の結果から旧坑道がトンネル周辺およびトンネル断面内に位置すると予想された。廃坑後の坑道処理状況は不明であり設計当初より旧坑道のトンネル施工に与える影響が懸念されたため、設計に際し経験的手法および解析的手法により、旧坑道の影響の度合いを予測し対策工の検討を行った。

施工は平成10年から開始しており、旧坑道位置の確認や計測によるトンネル支保構造の妥当性の確認を行って慎重に施工された。現在は巻出工、坑門工を施工している。

当発表論文は旧炭坑地域のトンネル設計と施工における留意点と対策工の効果についてまとめるものである。

2. トンネル概要

本トンネルの地質縦断面図および平面図を図-1に示す。

(1) トンネル諸元

本トンネルの諸元は以下のとおりである。

①路線名：一般道道赤平奈井江線

②道路規格：3種3級（幹線）

③設計速度：50km/h

④交通区分：B交通

⑤総幅員：12.25m

⑥トンネル断面：図-2参照（換気断面積73.1㎡）

(2) 地 形

赤平側坑口は北流するデアイ川により形成された谷地形を呈する。一方、峠を越えた歌志内側坑口側は比較的緩やかな地形を呈しており、ペンケ歌志内川沿いに崖錐斜面が形成されている。当地域は、炭鉱地域にあり、露天掘り、ズリ捨て場等により地形が人工的に改変されている箇所が多く、デアイ川上流はゴミ処分地として塵芥が埋め立てられている。

(3) 地 質

本トンネルの土被りは最大80m程度である。分布する地質は基盤が古第三紀石狩層群の美唄層および赤平層であり、岩質を頁岩、砂岩、砂岩・頁岩互層および石炭に分類することができる。被覆層は段丘堆積物、崖錐堆積物、氾濫原堆積物および河床堆積物等やズリ、塵芥、盛土なども分布している。基盤の地質構造は、トンネル中央部の背斜構造と断層を境に赤平側で概ね北～北西傾斜、歌志内側で西～南西傾斜を示している。

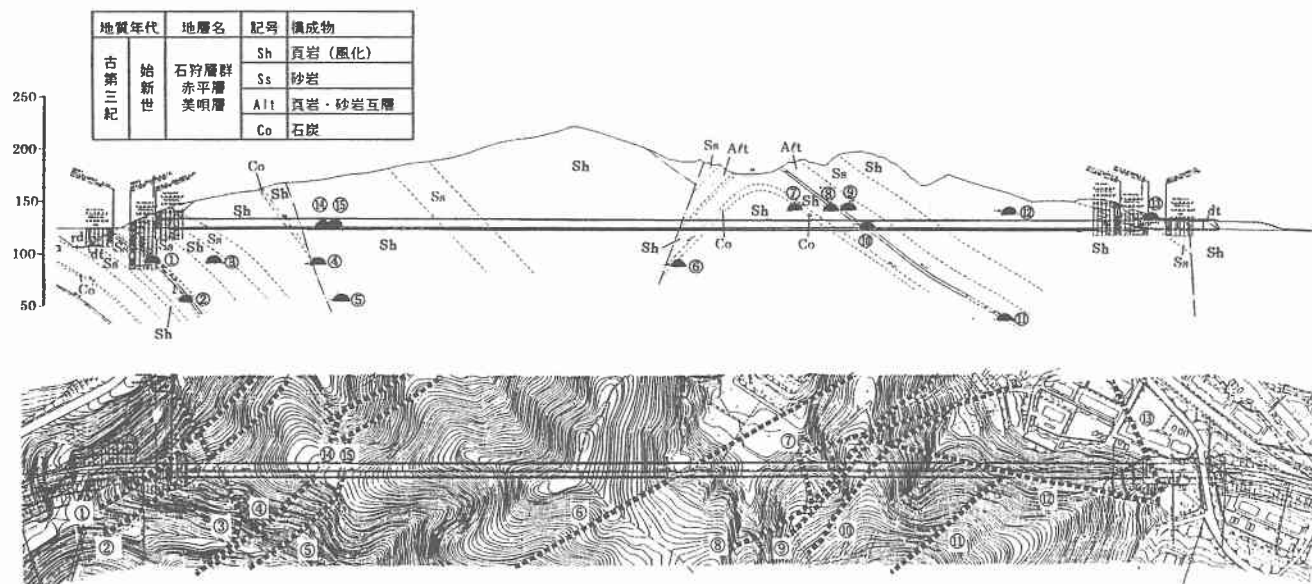
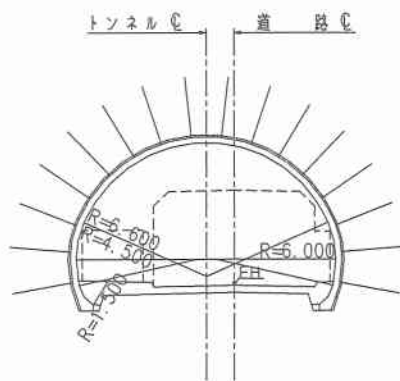


図-1 地質縦断面図・平面図

CⅡパターン



DⅡパターン

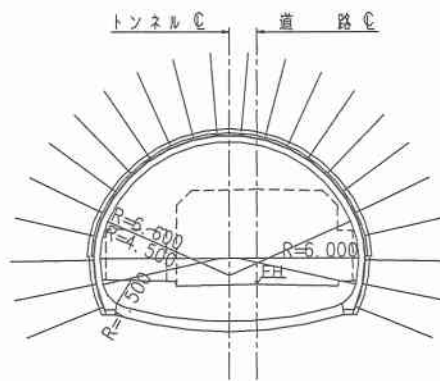


図-2 トンネル断面

3. 設計概要

(1) 坑道の影響評価

トンネル掘削区間に旧坑道が交差するものと推定されたため、本設計では施工中の安全確保および本体トンネルの将来的な安定性確保に留意することとした。

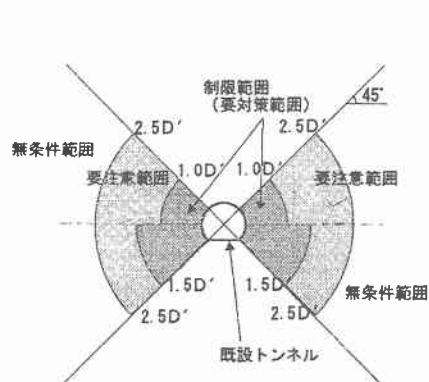
本トンネルと交差する旧坑道は合計12本あり、支保部材によって補強された幅3～4mのアーチ形状の断面であると推定された。近接する旧坑道の挙動を事前予測することは困難であるため図-3に示す経験的手法¹⁾により各坑道の影響の度合いを分類した。また、坑道の影響は離隔距離に加えて地山条件により変化するため影響の大きい区間に対して解析的手法により詳細に評価を行

った。

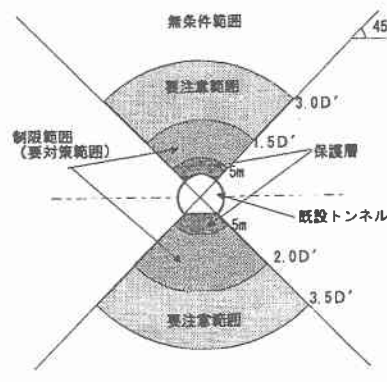
図-3において本トンネルと坑道の位置関係は表-1に示すとおりである。数値解析は二次元平面ひずみによるFEM解析とし、坑道無しの場合と坑道ありの場合で現れる地山状況（応力状態、変位量）の変化に注目した。その結果を図-4に示す。これより、坑道がある場合は坑道周辺の地山の安全率が低くなった。変位は天端沈下で16～62mm、側壁の収縮が9～7mmとなり坑道側へ押される傾向を示すことが確認された。また、本トンネルと坑道の離隔距離が小さいほど影響が大きく、制限範囲に坑道がある場合では、坑道と本トンネルに挟まれた地山の安全率の低下が著しいことがわかる。

表-1 本トンネルと坑道の位置関係

	近接度の区分	トンネルの位置関係	対象坑道
制限範囲 (要対策範囲)	新設構造物の施工により、既設構造物に変位や変形等の影響が及ぶため必要な対策工を行うか、計画変更を要する範囲	併設上方1D'未満 併設下方1D'未満 交差上方1.5D'未満 交差下方1.5D'未満	⑦交差上方0.6D ⑧交差上方0.6D ⑨交差上方0.6D ⑩交差 ⑪交差上方0.4D
要注意範囲	新設構造物の施工により、既設構造物に変位や変形等の影響が及ぶ可能性がある範囲	併設上方1～2.5D' 併設下方1～2.5D' 交差上方1.5～3D' 交差下方1.5～3D'	③交差下方2.0D ④交差下方2.2D ⑥交差下方2.1D
無条件範囲	新設構造物の施工により、既設構造物に変位や変形等の影響が及ばないと考えられる範囲	併設上方2.5D'以上 併設下方2.5D'以上 交差上方3D'以上 交差下方3D'以上	①交差下方2.1D ②交差下方4.5D ⑤交差下方4.7D ⑪交差下方5.9D

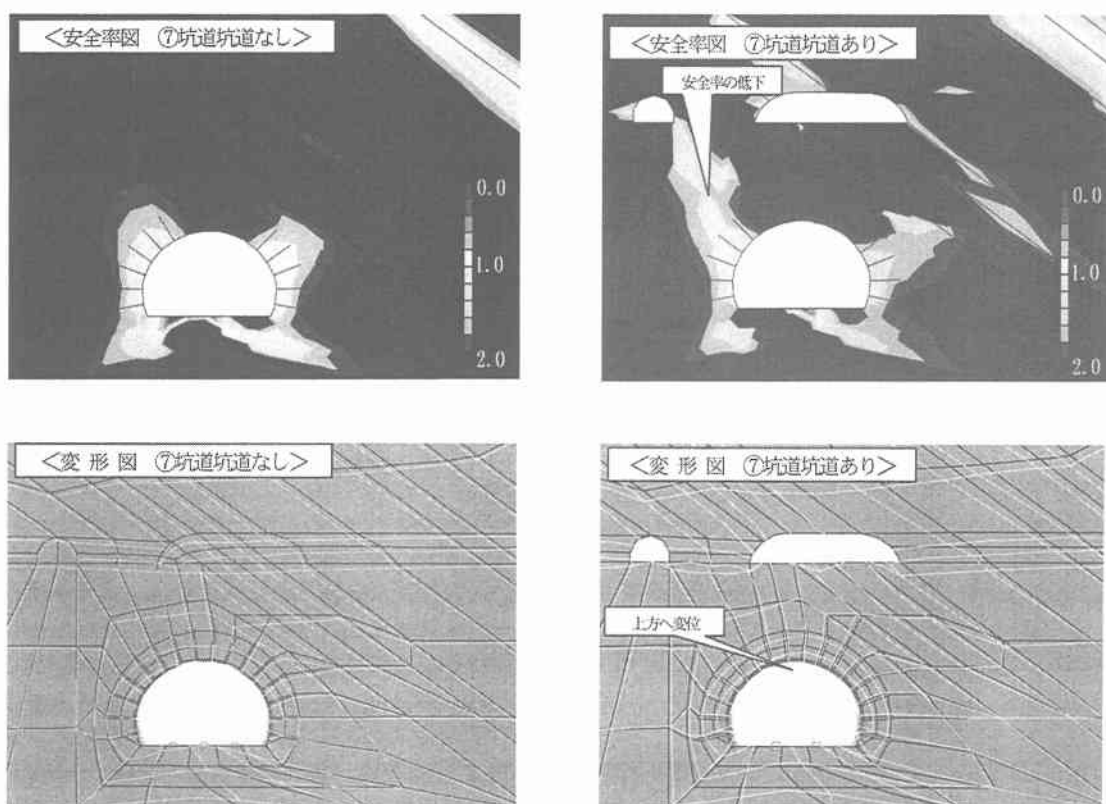


D' : 新設トンネル外径



D' : 新設トンネル外径

図-3 近接度の区分



図－４ 数値解析結果図

(2) 坑道対策

解析結果で、制限範囲（要注意範囲）に坑道がある場合、地山の安全率が減少し本トンネルの挙動に影響を与えることが明らかとなった。しかしながら、本トンネルの変位量が小さいことから基本的には通常のショートベンチカット工法により掘削を行うこととした。旧坑道に対しては、掘削中にさぐり削孔および調査ボーリングにより坑道の位置・状況を確認することとした。

坑道が空洞の場合、坑道の老朽化に伴って発生する将来的な崩壊により、本トンネルの供用後に再変位し支保工・覆工に変状を発生させることが懸念される。よって、制限範囲にある旧坑道に対して全て充填対策することとした。

4. 掘削および計測結果

施工前の調査において本トンネルに影響を与えると考えられた坑道（⑦、⑧、⑨、⑩、⑫）は、若干位置や規模が異なったが掘削時の調査ボーリング等により確認された。事前に確認されなかった坑道として新たに左側壁上部からインパートにおよぶ⑭、⑮坑道が出現した。

図－５は天端沈下および内空変位の各最終計測値を測点順に示したものである。

計測の結果から、以下の事項が確認された。

- ① 変位量は概ね-2～-30mm程度となり、一般的な値²⁾に収まっている。

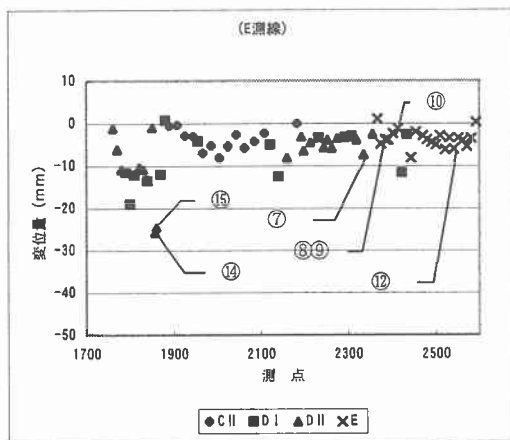
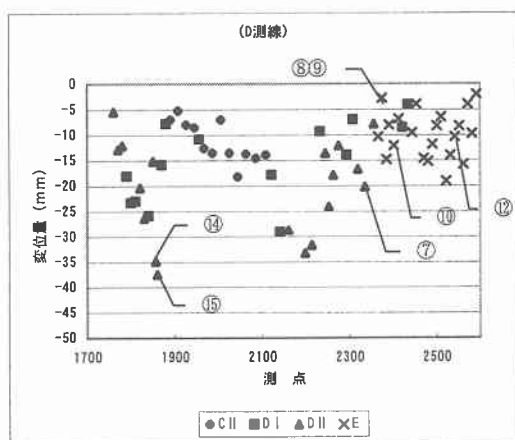
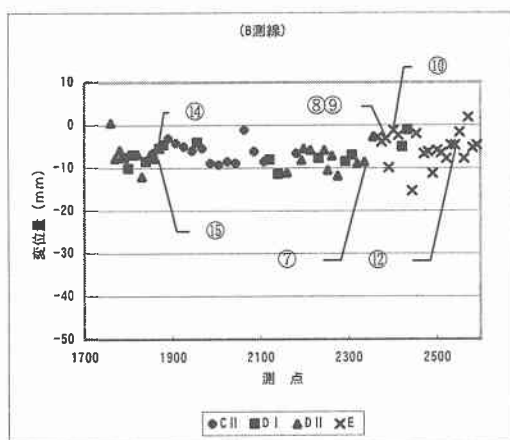
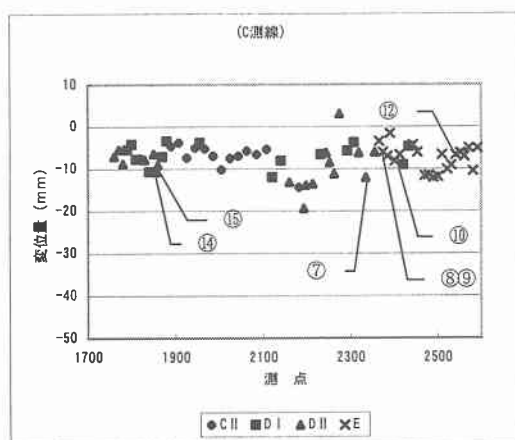
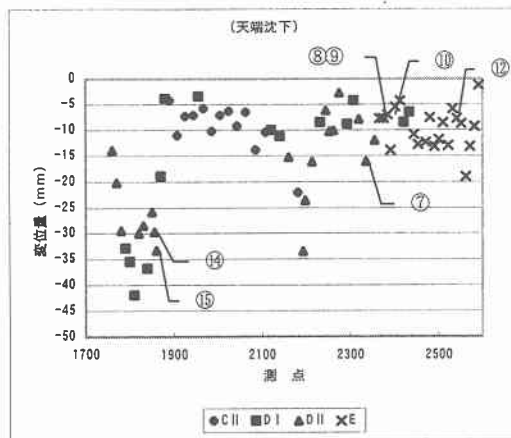
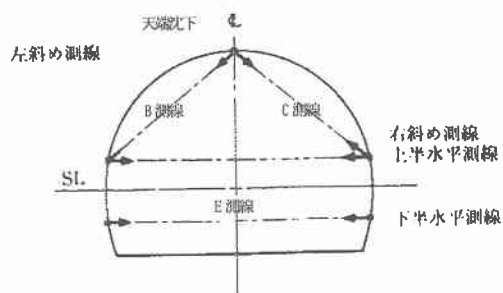
- ② B測線、C測線の変位量に大きな差が生じていないため偏圧が生じていない。

- ③ 事前確認された①～⑫坑道区間の変位量は表－１の近接度の区分に関わらず坑道のない区間と変化がない。

- ④ 事前確認されていない⑭、⑮坑道については内空変位（D測線、E測線）の変位量が他の区間よりも大きい。

5. まとめ

計測結果から、充填対策後の掘削において坑道区間と他の区間を比較して天端沈下や内空変位に大きな変化が現れなかった。また、⑭、⑮坑道は側方変位の収縮が他の区間より大きい。これは、空洞の充填を行うことにより空洞なしと同条件になり掘削前の充填が変位の抑制に有効に作用していると考えられる。また、数値解析による変位量と計測結果に相違が見られるが、地山および支保条件が異なることによるものと考えられる。



図－5 計測結果

6. あとがき

当論文では、赤平奈井江線歌志内トンネルのトンネル掘削に対する坑道の影響予測、対策工の選定および計測結果について紹介してきた。炭坑地域という特殊な条件下でのトンネル施工の事例として、今後のトンネル設計・施工の資料として役立てば幸いである。

最後に、本トンネルの設計・施工にあたりご指導ご協力を頂いた北海道札幌土木現業所滝川出張所の各位に対し深謝する次第である。

参考文献

- 1) 『既設トンネル近接施工対策マニュアル』：財団法人鉄道総合研究所, 平成7年1月
- 2) 『道路トンネル観察・計測指針』：社団法人日本道路協会, 平成5年11月