

III-B 58

近接施工に伴う山岳トンネル挙動の予測手法について

鉄道総合技術研究所	正員	朝倉俊弘 小島芳之
中央復建コンサルタンツ	フェロー	夏川亨介
	正員	新田耕司○中廣俊幸
ヒカリ設備	正員	林 光生

1. まえがき

本論は山岳トンネル下のシールド近接施工に際し、山岳トンネルの特殊な構造形式を考慮した影響予測とその実測結果について述べるものである。

対象とする山岳トンネルは鉄道の複線断面で、洪積砂レキ層を対象とし、開削工法によるRC構造区間と山岳工法による無筋構造区間から構成されている。今回工事は当該トンネル下を鉛直離隔0.8D(D:シールド径)でシールドトンネルが直交するものであり、前述の2種類の構造形式が影響範囲に入るため、シールド掘進過程を考慮した各構造ごとの挙動および安全性照査が重要となった。

そこで本研究では、FEMの二次元解析と三次元解析により、上記条件を考慮したトンネル挙動のシミュレーションを行い、実測値による検証を試みた。

2. 検討方法

今回対象の山岳トンネルは図-1に示す構造形式であり、無筋区間では施工打継ぎ目間のブロックが個々に挙動することの検討が重要であり、RC区間では不同沈下によるトンネル覆工の応力度照査が重要となる。

これらの事項を検討するためには、FEMの連続体モデルあるいは二次元場では評価が難しく、厳密には個別剛体法等による不連続性の考慮、および三次元場での解析が必要である。しかし、それらの手法は未だ実務レベルでは困難があり、二次元の連続体モデルにより近似的に評価することが多い。

本研究ではその近似的な評価の一手法として、図-2に示す二次元モデルによる評価を試み、その妥当性を三次元解析ならびに実測値により検証した。なお、解析上のシールドの応力解放率は安全を考慮して便宜的に100%とし、事前の地盤計測により確認することとした。

3. 二次元モデルによる予測

二次元モデルによるトンネル挙動の予測は、まず図-2に示すようにシールド掘削時のトンネル底面位置の地盤沈下量を求め、次にその沈下量に相当する荷重を与え、トンネルのブロック単位の挙動を求めた。この時、ブロックの剛性はトンネルの断面剛性を単位幅当たりに換算した等価剛性を用い、またブロック間および土とブロックの間にはジョイント要素を導入した。その結果、シールド掘削に伴うトンネルの挙動は図-3に示すように、シールド直上ブロックの沈下が4m、ブロック間の目違いが2mm程度発生するものと予測された。

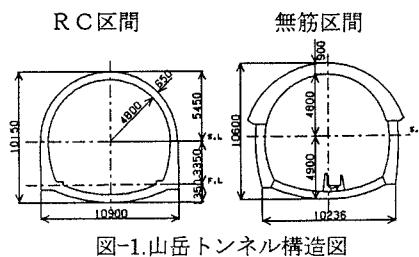


図-1. 山岳トンネル構造図

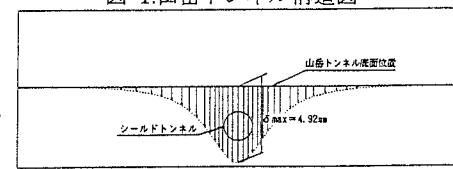


図-2. トンネル底面地盤の沈下分布

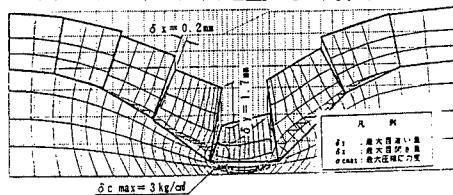


図-3. ブロック挙動解析結果

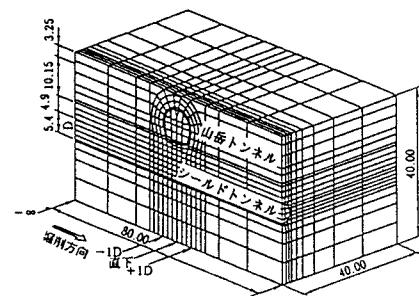


図-4. 三次元解析モデル

4. 三次元モデルによる検証

山岳トンネルの三次元的挙動を把握し計測による安全監視に資するため、図-4に示すモデルによる三次元解析を行った。その結果は図-5に示すとおりであり、1 mm程度の差異はあるが概ね二次元解析の結果と一致している。

5. 応力解放率の設定およびトンネル挙動の予測

シールド掘削に伴う地盤変位の推定では、シールドの裏込め注入及び支保効果を考慮した応力解放率の設定が重要である。

そこで今回はトンネル交差位置の手前で図-6に示す予備的な地盤計測を行い、実測地盤沈下量からシールド掘削による最終的な応力解放率を10%と推定した。

前述の解析結果に対し、応力解放率10%を考慮すると、シールド掘削によるトンネルの変位量は最大沈下量0.4 m、最大目開き量0.2 mm程度、目開きはほとんど生じないものと予測された。

6. 実測値との照合

トンネルの安全管理および予測変位量の妥当性を検証するため、図-7に示すトンネルの変位計測を行った。計測はトンネルブロックのアーチ部および側壁部の沈下、傾斜、並びにブロック間の目違い、目開きに着目して、シールドの掘進過程を考慮してリアルタイムで管理した。

その結果は、シールドの切羽解放、テールボイド解放に対して図-8に示すように、最大沈下量が0.6 mm、最大目違ひ量が0.2 mm、最大目開き量が0.2 mmとなった。

これらの値は前述した応力解放率10%時の予測値とほぼ一致しており、二次元解析による予測が概ね妥当であることが確認された。

7.まとめ

今回の研究では、山岳トンネル下のシールド交差という事例の少ない近接施工について、トンネル構造を考慮したブロックの二次元解析による変位予測が概ね適用できることを検証した。しかし、今回の結果は、①山岳トンネルの無筋覆工のブロック毎の挙動評価、②シールド掘進過程でのトンネルの不同変位、③シールド掘削時の応力解放率の設定、の3つの問題を含んでいる。今後はこれらの問題点について、さらに検討を深化していく所存である。

参考文献

- 朝倉俊弘、小島芳之、佐藤 豊、安東豊弘：超近接トンネル交差の影響評価、鉄道総研報告、Vol. 8、No. 8、

1994. 8

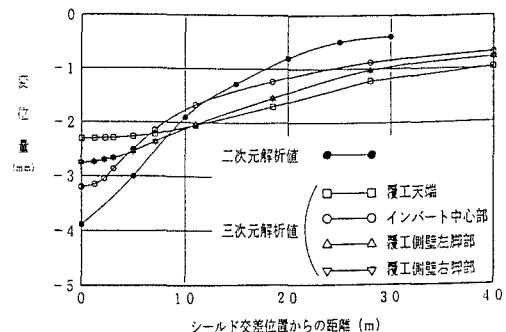


図-5. 解析結果の比較図

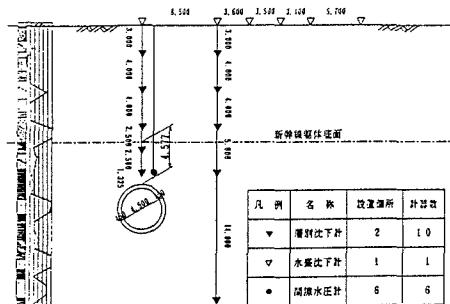


図-6. 地盤計測計画図

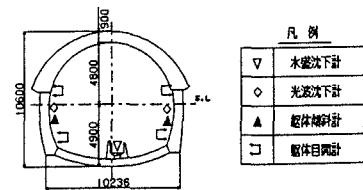


図-7. トンネル計測計画図

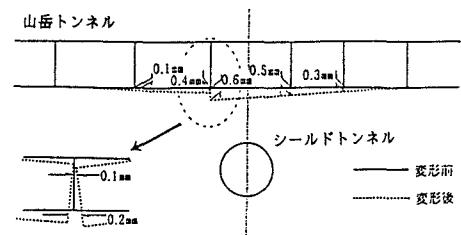
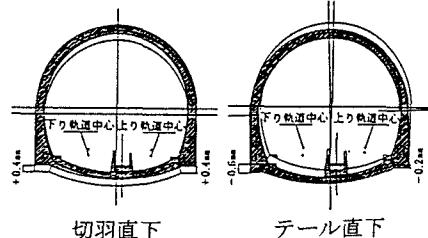


図-8. トンネルの実測変位図