

北海道開発局 正員 田中 秀幸

竹中技術研究所 正員 ○丹羽 尚樹

(株)竹中土木 正員 山田 和男 稲丸 宏之

1. まえがき

定山溪ダム道道付替え6号トンネルの下半施工にあたって、上半足付け下部地盤の支持力不足のため、中央部仮受け方式による下半抜き掘り工法を採用した。筆者らは上半の既設トンネル覆工を3次元シェル架構としてモデル化し、下半施工時の覆工の応力状態を解析的に評価する試みを行なった。

本報文は3次元シェル架構解析手法の概要を紹介し、そのあと定山溪トンネルの下半施工の検討結果と施工管理を目的として実施した計測結果との比較について述べている。

2. 3次元シェル架構解析手法の概要

上部半断面先進工法によるトンネル施工においては、下半施工時に既設トンネル覆工によるシェル架構が地盤中に形成される。いまシェル架構に作用する外力を“ゆるみ土圧”として評価すれば、下半施工時(仮受け施工、間抜き施工時等)の挙動解析に当っては、図-1のようなシェル架構のモデル化が可能である。ここで、コンクリート覆工は4辺形シェル要素、鋼製支保工とロックボルト工は線材要素トンネル架構と周辺地盤との連成はスカラーバネ要素としてモデル化している。下半施工段階の解析は図-2のフロー図にしたがって実施した。

3. 定山溪トンネルの検討

検討対象は、定山溪6号トンネルの付替え道路起点 $6^k646.5m$ から $6^k598.5m$ の540m区間である。解析モデルは、上半施工終了時の状態(一部の区間にロックボルト施工)をモデル化して図-3に示す架構とした。

解析および計測の対象となった下半の施工順序を図-4に示す。図中①, ②は区間No105川側および山側の仮受け施工を、③, ④はNo104~No105の間抜き施工を示している。

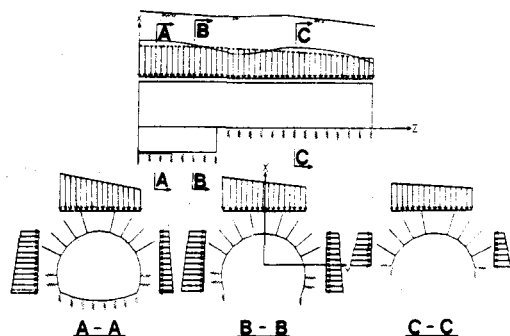


図-1 解析モデル図

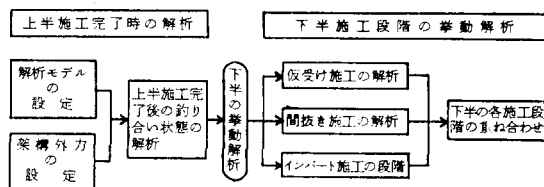


図-2 解析フロー図

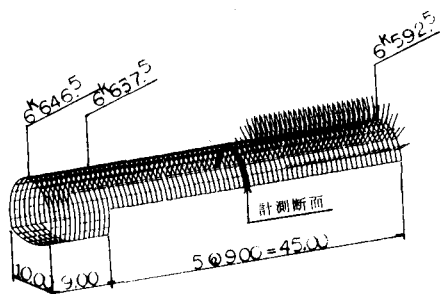


図-3 定山溪トンネル解析モデル図

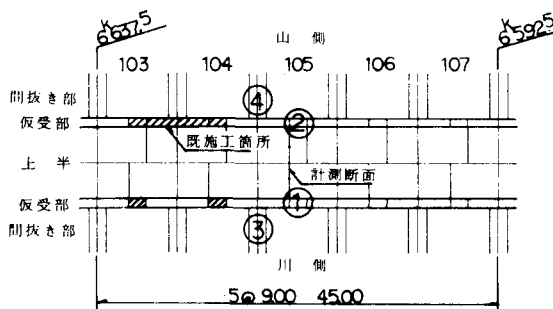


図-4 下半施工順序図

3.1 下半施工時の挙動解析と計測

i) 架構外力としてのゆるみ土圧： 事前の地盤調査結果、上半施工時の坑内観察結果などによれば、検討対象付近の地質構成は、かなり風化の進んだ泥岩層が主体となっている。架構外力を規定する“ゆるみ高さ”は、これらの結果よりおよそ6mと推定されたので、ゆるみ土圧15.0 tf/m²として解析を行なった。

ii) 解析および計測結果： 下半の各施工段階の挙動解析結果のうち、図-5に示す計測位置に対応する覆工シェル要素の垂直応力の一例を図-6、図-7に示す。また、同位置における計測結果も、解析結果と対比させて示す。計測はNa105 山側仮受け施工後から行なっているため、その時点での応力を0として、その後の応力変動分を示している。また、Na104~Na105 山側間抜き施工後の架構変形図を図-8に示す。

3.2 解析結果と計測結果の比較検討

図-6は、トンネル円周方向の覆工応力の挙動を示している。局所的な動きを除いて、解析結果と計測結果はほぼ同様の傾向を示している。計測結果の局所的な変動については、現場が当初の想定に基づいて仮受部のジャッキアップなどの処置を行なったことが要因と考えられる。測点Aの計測結果は、ほとんど間抜き施工の影響を受けていない。これは、本解析結果で計測断面前後の覆工には圧縮側、引張側への応力の変動が生じていることから、この測点が応力変動の変曲点となっているためであると判断できる。測点Bにおいては、山側間抜き施工後（図中④）、解析結果では圧縮側へ応力変動しているが、計測結果では一時的に圧縮側へ応力変動したのち引張側へ応力が戻っている。これは、山側間抜き施工により、川側足付部が圧縮力を受け、その後支持力不足のため沈下したことによると推定される。

図-7は、トンネル軸方向の覆工応力の挙動を示している。ここで、解析結果と計測結果は間抜き施工後の初期の応力変動において、ほぼ同様の傾向を示しているが、その後の変動がかなり異っている。これは、間抜き施工により生じた応力が周囲へ分散される現象が、計測結果に表われているものと思われる。

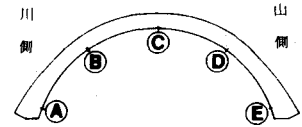
4. まとめ

上記検討により、局所的な動きを除いて、解析結果と計測結果はほぼ同様の傾向を示していることを確認した。よって、本解析手法は、下半施工段階における既設上半シェル架構の挙動を事前評価するにあたって、有効であると言える。

最後に、多くの御指導と御助言をいただいた北海道開発コンサルタント(株)に対し謝意を表します。

参考文献 1) 八東正司他「NATMにおける設計挙動解析法の一提案—3次元シェル架構解析—」

竹中技術研究所研究発表会梗概集 P389~P390 1983.



計測位置	Na105 (6K616m) 上半内空側の覆工表面
計測内容	トンネル円周方向垂直応力 トンネル軸方向垂直応力

図-5 計測位置および計測内容

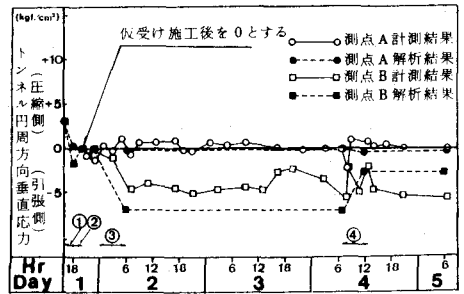


図-6 解析結果と計測結果の比較
(トンネル円周方向)

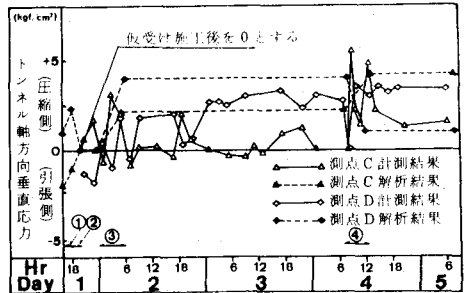
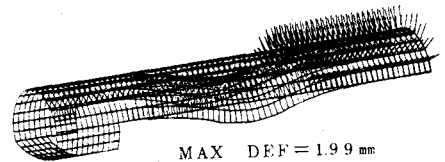


図-7 解析結果と計測結果の比較
(トンネル軸方向)



Na104~Na105

図-8 山側間抜き施工後の架構変形図