

膨張性地山中のトンネル施工 - (3) 変形挙動の三次元解析

日本鉄道建設公団	正会員	剣持	三平
日本鉄道建設公団	正会員	竹津	英二
大成建設（株）	正会員	青木	智幸
大成建設（株）	正会員	小池	真史

1. はじめに

北陸新幹線飯山トンネル木成工区では、膨張性地山の掘削において多重支保工法を採用して施工を進めている。この多重支保工法を採用した区間において、地山と支保工の挙動および塑性領域の発生状況を把握するために計測・調査を実施した¹⁾。これらの挙動を解釈し、地山と支保工の相互効果を理解するために三次元掘削解析を実施した。解析では、前述の計測・調査による知見に基づき、大変形が塑性領域の発生によるところが大きいと仮説をたて、地山を弾塑性モデルとした。また、実際の施工で生じている一次支保工の変状を考慮するために、鋼製支保工および吹付けコンクリートに発生する応力値に上限を設けたモデルを使用し、計測結果の再現を図った。

2. 解析条件・解析方法

以下の条件で、実際の施工と合わせた掘削進行による三次元掘削解析を行った [図 1]

(1) 使用ソフト

- ・FLAC^{3D} v2.0 (有限差分法)

(2) 地山モデル (完全弾塑性)

- ・単位体積重量 $\gamma=20.5\text{kN/m}^3$
- ・ $E=300\text{MPa}$, $\nu=0.3$
- ・ $c=0.40\text{MPa}$, $\phi=20^\circ$

(3) 支保モデル [図 2]

- ・吹付けコンクリート: $E_c=3.4\text{GPa}$, $\nu_c=0.3$

ソリッド要素

- ・鋼製支保工: $E_s=200\text{GPa}$

一軸棒要素、曲げ考慮せず

- ・剛性低下 1/5 (吹付、鋼製支保工)

地山と支保工のなじみを考慮

3. 解析結果と計測結果の比較

(1) 天端沈下・内空変位 [図 3]

掘削時の大変形をほぼ再現できることが分かる。ただし、切羽離れ 2D (=22m, D: 掘削直径) 以降のクリープ

的な変位の増加は再現できていないが、この主な原因としては、a) 地山モデルが弾塑性モデルであるため、時間依存性的な挙動は再現できないこと、b) 支保耐力を完全弾塑性で表現しているため降伏後も一定の耐力を有していること、などが挙げられる。

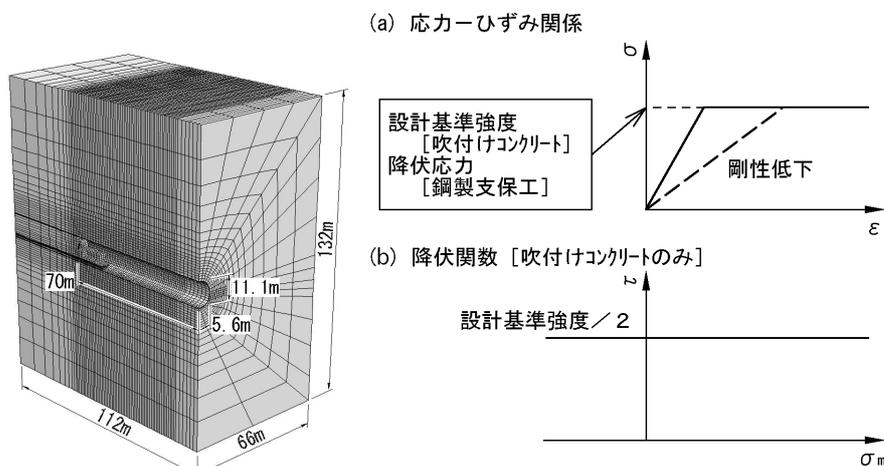


図1 解析モデル

図2 支保モデル

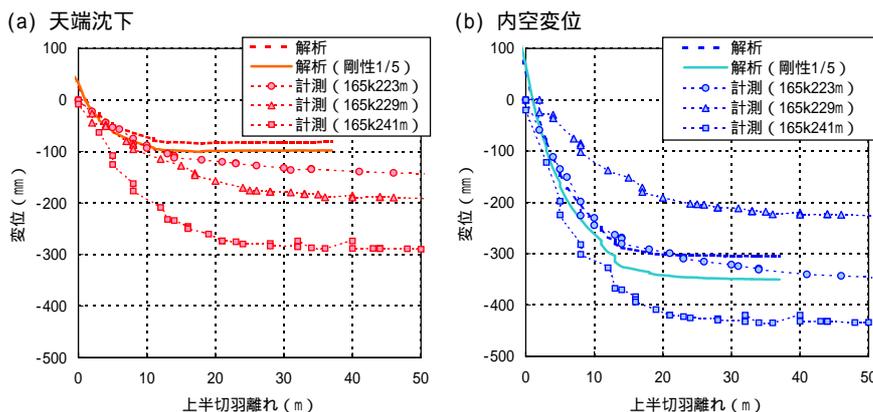


図3 天端沈下・内空変位の比較

キーワード 三次元解析, 支保耐力, 多重支保工法

連絡先 〒943-0861 新潟県上越市大和6丁目3番33号 日本鉄道建設公団 上越鉄道建設所 Tel 025-522-8270

(2) 地中変位 [図 4]

天端部に関して、壁面から離れた位置では再現性はよい。壁面から 3m までの部分は亀裂の開口など不連続な緩みが生じていると考えられる。一方、上半側壁に関しては、計測位置全てにわたって非常に再現性がよい。

(3) 塑性領域 [図 5]

地中変位計測結果から判断すると、壁面から 5~6m あたりで変位が急激に増大しており、このあたりまでが塑性領域であると考えられる。一方、解析においてもほぼ同じ位置まで塑性領域が広がっており、計測結果を再現できている。

(4) 吹付けコンクリート応力 [図 6]

剛性を 1/5 にすることで、天端の挙動を良好に再現できた。下半脚部については、実際の計測ではインポート閉合後に応力が増大する傾向があるが、解析では支保工設置後すぐに応力が増加している。

(5) 鋼製支保工応力 [図 7]

天端では、支保工建込み直後に降伏する現象が解析で再現できている。下半脚部については、応力が増加し始める切羽位置は異なるが、増加する勾配は類似している。

4. まとめ

飯山トンネル木成工区を対象に、地山の塑性領域の発生と支保部材の降伏を考慮した三次元解析を行うことにより、なじみの評価等の問題はあるが、実際に生じている地山および支保工の変形挙動をかなりの精度で再現できることが分かった。今後は、本検討の解析条件に基づき、一次支保工の仕様、二次支保工の施工時期、より不良地山での支保工・補強対策工に関する検討を実施する計画である。

参考文献：

剣持、他：膨張性地山中のトンネル施工-(2)掘削時地山・支保挙動計測 土木学会年講、2003(投稿中)

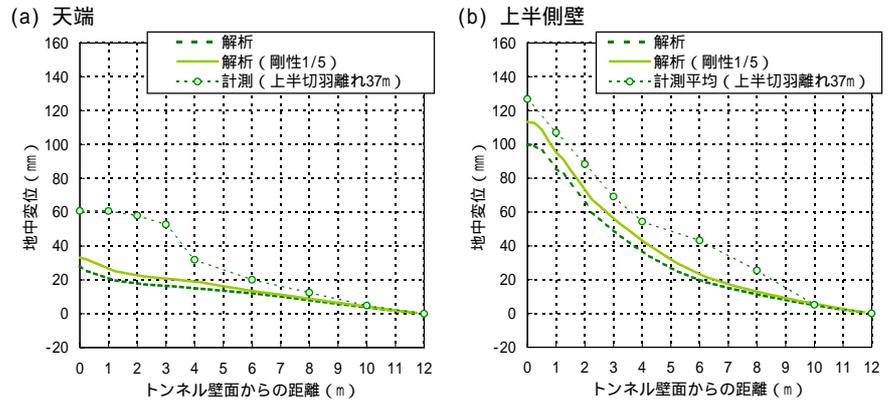


図4 地中変位の比較

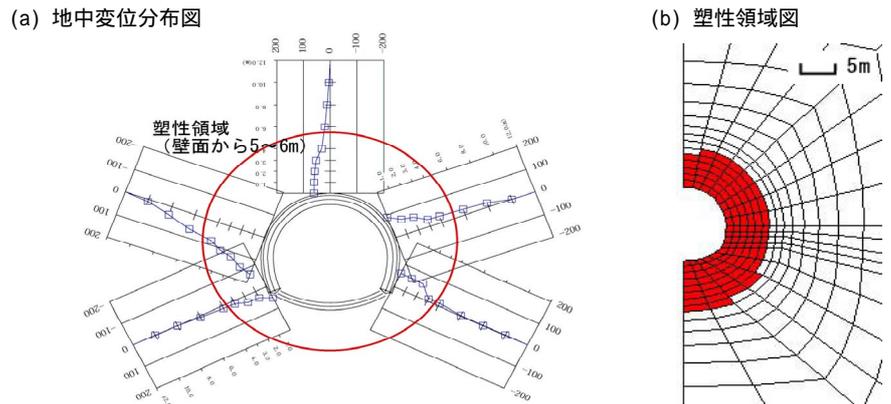


図5 塑性領域の比較

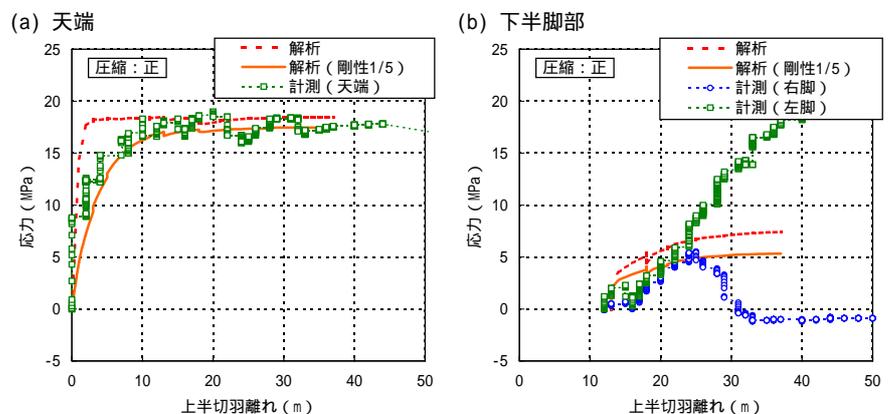


図6 吹付けコンクリート応力の比較

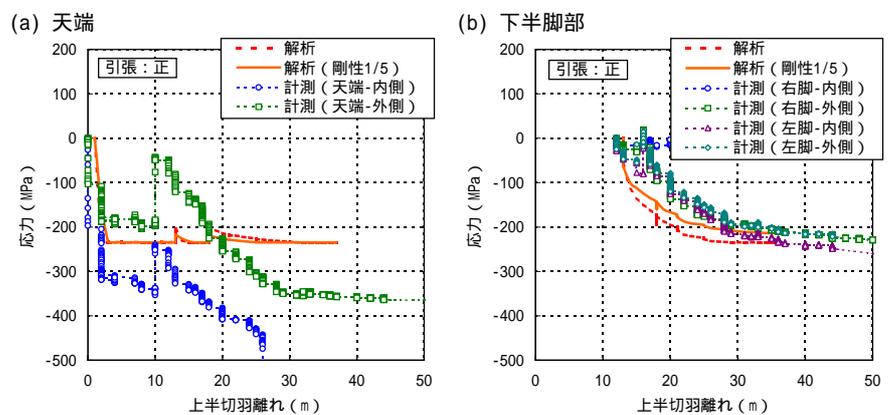


図7 鋼製支保工応力の比較