

3次元 FEM 解析を用いたトンネル避難連絡坑の本坑接続検討

中日本高速道路株式会社 高度技術推進部 正会員 ○海瀬 忍

中日本高速道路株式会社 金沢支社 敦賀保全・サービスセンター 正会員 鈴木 俊雄

中日本高速道路株式会社 金沢支社 敦賀保全・サービスセンター 正会員 堀川 敬

1. はじめに

中日本高速道路(株) 金沢支社 敦賀保全・サービスセンター管内では、安全性向上を目的に北陸自動車道敦賀 IC～今庄 IC 間にある葉原トンネルの上下線間に避難坑を設けて、上下線それぞれの連絡坑を供用している本坑に接続する工事を行った。本工事において避難連絡坑の本坑接続時に、監視のために設置している本坑計測値に増加傾向がみられたため、供用線への影響を考慮して、本坑および避難連絡坑に補強工事を実施することとなった。補強工事の実施にあたっては、その効果を検証するために、3次元 FEM 解析を実施し、避難連絡坑接続による本坑への影響および補強対策工の効果等を確認したことから、解析結果および解析における留意点について報告するものである。

2. 3次元解析の流れ

解析はただ行っただけでは、その数値の信頼性が低

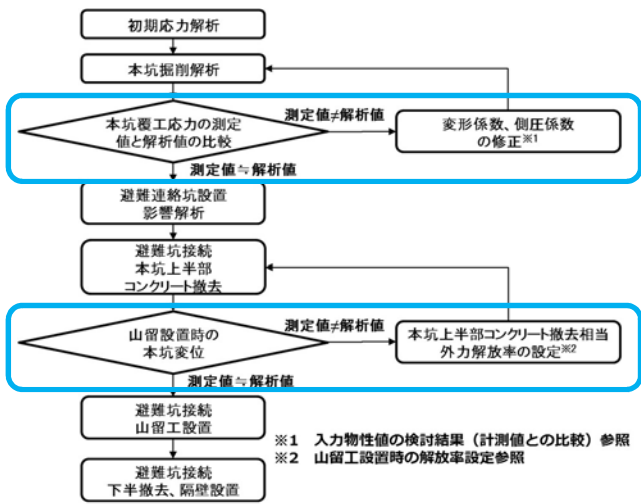


図-1 3次元解析フロー

表-1 解析ステップ

	STEP-1	STEP-80	STEP-82
概要図			
備考	・初期応力の計算	・下半土半掘削	・本坑補強ロックボルト打設
	STEP-110	STEP-113	STEP-118
概要図			
備考	・避難連絡坑 (D1 区間) 上下半 : 31~32m掘削、上半 : 30~32m支保設置	・追加補強対策実施	・山留工および下半中央部撤去 ・インパーストラット設置

キーワード トンネル、避難坑、避難連絡坑、3次元 FEM 解析、矢板工法

連絡先 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 2 丁目 18 番 19 号 三井住友銀行名古屋ビル

中日本高速道路(株) 技術本部 高度技術推進部 TEL052-222-1258 FAX052-222-3576

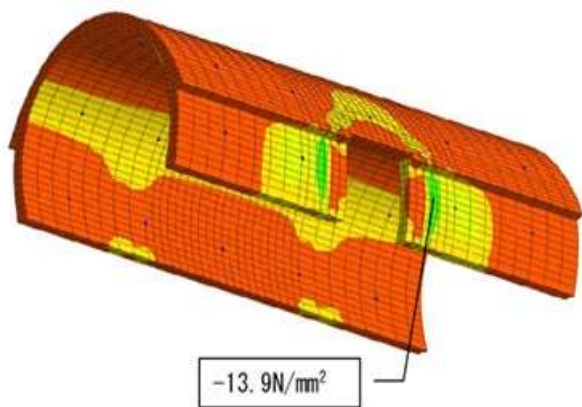


図-2 隔壁有りの主応力値

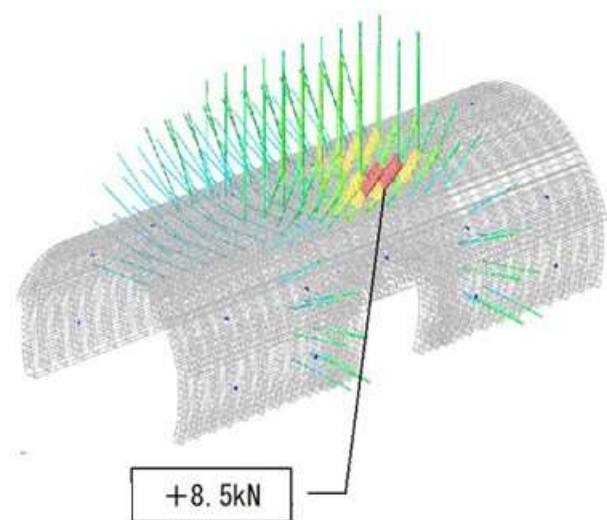


図-3 隔壁有りの追加補強ロックボルト軸力

いため、今回は、図-1 に示す 3 次元解析フローの青枠部分の段階で、現地本坑覆工コンクリートから採取したオーバーコアリング値と、本坑の工事計測値(変位)を用いてフィッティングを行った、変形係数、側圧係数、応力解放率(本坑上半部コンクリート撤去相当として)を変更してのパラメトリックスタディを行い、工学的に近似値になったと判断できた段階でステップ解析を進める手法で解析精度の確保を行った。

3. 解析モデルと解析ステップ

解析手法は 3 次元 FEM 解析として、モデルは本坑および避難連絡坑を構成する支保構造を施工ステップごとに数値が追えるメッシュ割りとした(節点:14,074, 要素:203,112)。入力物性値等はトンネル解析で一般的に用いられている数値を参考にして設定し、解析ステップは矢板工法による本坑建設時⇒避難連絡坑設

置⇒補強ロックボルト・隔壁等の補強工までの施工ステップを基本として、必要に応じて増減させて最終的には 118 ステップの解析となった(表-1)。

4. 解析結果のまとめ

- ・補強の隔壁を設けることにより、側壁部分の覆工応力が 15%程度 (-15.4N/mm^2 [圧縮側] ⇒ -13.9N/mm^2 [圧縮側]) 低減する(図-2)。
- ・隔壁を設けることにより、サンドルによる山留材撤去後の側壁の応力変化がない (-13.9N/mm^2 [圧縮側] ⇒ -13.9N/mm^2 [圧縮側]) ことから、本来側壁にかかる応力が隔壁に分担が行われていると推測される。
- ・隔壁を設けることにより追加補強ロックボルトの軸力が 14%程度 (9.9kN [引張側] ⇒ 8.5kN [引張側]) 低減する(図-3)。補強ロックボルトは避難連絡坑の接続時に -31.7kN [圧縮側] であったが、追加ロックボルトの施工により -17.4kN [圧縮側] に減少し、隔壁の施工で -19.2kN [圧縮側] となり軸力の変化が生じている。これらのことから、ロックボルトにかかる応力が再配分され、全体として安定しているものと考えられる。

以上より、隔壁を設けることにより山留材撤去時の発生応力の低減が図れる等の結果となったことから、隔壁を施工しての山留材撤去を行うこととする。

隔壁下部のストラットについては、解析上は応力低減効果に顕著には現れなかったが、実現象として想定外の力がかかった場合、閉合効果が発揮されることが考えられること、また、供用後の応力変化に対するリスク低減を考えストラットの施工は行うものとする。

また、施工上の注意点としては、下半掘削時の下端部の形状が応力伝達上重要となることが、解析上示されていることから(完成時の覆工コンクリートの最大主応力 形状変更なし: -15.4N/mm^2 ⇒ 形状変更あり: -13.9N/mm^2)、下半足付け部分に応力集中が起こらないように、擦り付けに注意することが必要である。

5. 今後の課題

現在工事は、本解析結果をもとに追加補強工事を実施し、接続工事は順調に進捗することができた。今後、工事で得た各種計測値と解析値との比較を行うことにより、今回解析精度確保のために行った、オーバーコアリング値の採用および本坑上半部コンクリート撤去相当外力解放率の設定について検証を行っていきたい。