

供用中道路トンネルにおける避難連絡工増設に係る開口補強設計

正会員 ○石原雅晃

正会員 堀岡良則

正会員 大塚 勇

1. 概要

災害時安全性向上を目的に、供用中の2本の山岳トンネルを接続する避難連絡坑（以下「連絡坑」とする）4坑増設の計画決定がなされた。供用中であるため、施工の際には可能な限り道路通行止めを伴わない施工が前提となる。地盤条件の厳しい中、増設箇所における既設覆工コンクリートの開口補強方法が課題となった。前例が無い難工事となることが予想されるため、開口時の応力解析と、1車線規制内での施工可能性の検討とを並行して実施した。本稿では、4坑の中でも条件の厳しい連絡坑1坑について、開口補強方法の採用経緯と解析結果について述べる。

2. 開口位置の選定

連絡坑開口範囲内の既設覆工目地の有無により、応力の大きさ、発生箇所が変化する。目地が開口範囲内にある場合をケース1、ない場合をケース2とし、各ケースについて三次元FEM解析を行うことにより、応力の挙動を確認した。鋼材により開口部周囲を補強した場合の、既設覆工への周方向応力の解析結果を図-1に示す。ケース2の方がケース1より、許容応力度を超過する範囲が広く、大幅に超過しているため、目地位置を開口範囲内とすることが望ましいと言える。可能な限り目地位置が開口範囲内に収まるように調整することとした。

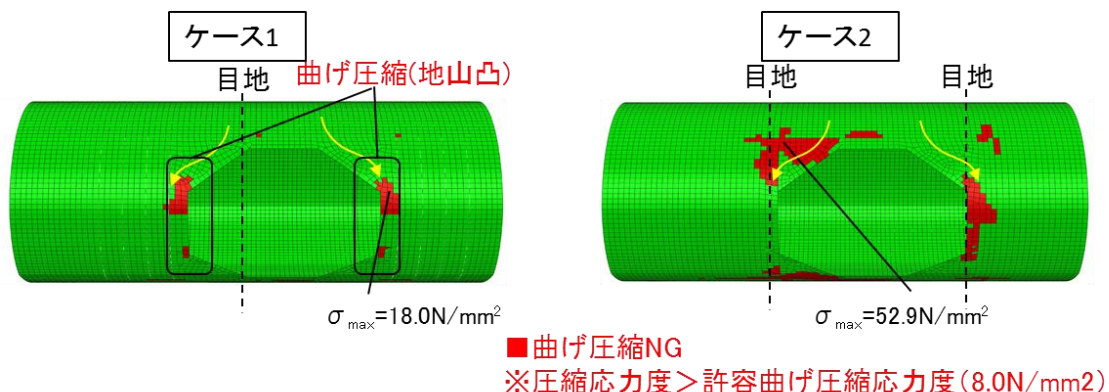


図-1 開口位置と目地位置による応力への影響

3. 開口補強形式検討方針

補強形式を4項目（施工方法、開口範囲・形状、補強部材、補強範囲）で分類し、その中から施工可能な形式を選択した。車線規制で実施する場合はトンネル全周ではなく、開口部付近のみの補強により開口に伴う応力増加に耐えることが必要となる。鋼材とコンクリート、それぞれの補強部材による補強形式案を図-2に示す。各案に対して、構造として成立するか、施工性、1車線規制内での施工が可能か、コスト、工期の5項目で評価した。鋼材による補強では自重の大きな鋼材を垂直に設置することとなり、多数のアンカーによる固定が必要である。補強コンクリートの撤去が困難、ジベル筋による既設覆工の損傷という欠点はあるが、覆工目地を繋ぐことで、目地部に集中する応力に耐えることが可能となることから、内側一体のコンクリートによる壁補強を採用することとした。

キーワード 避難連絡坑、開口補強、覆工目地、三次元FEM解析

連絡先 〒650-0041 神戸市中央区新港町16-1 阪神高速道路(株)神戸管理部保全管理課 TEL078-331-9801

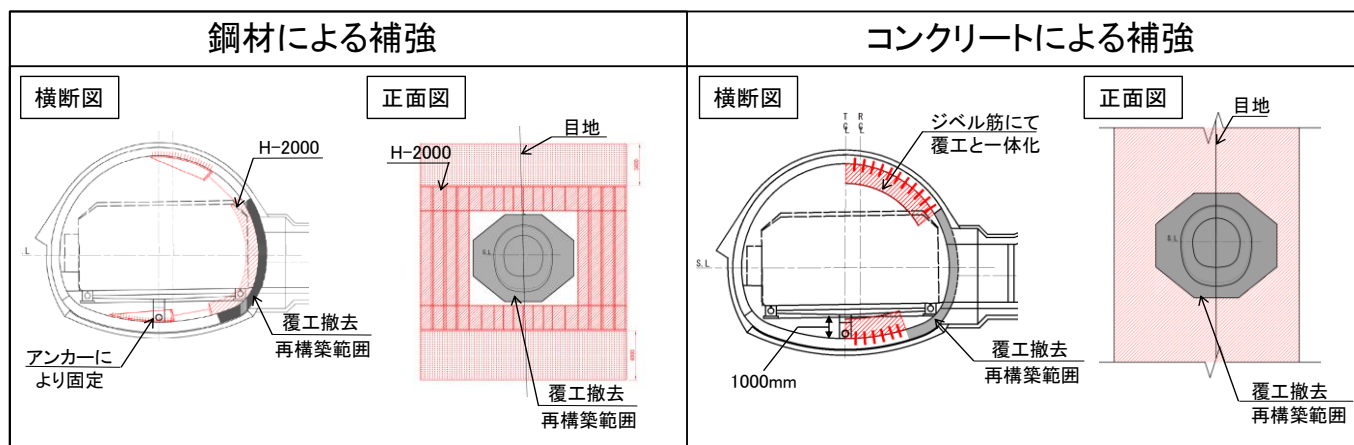


図-2 補強形式案イメージ図

4. 開口補強詳細設計

採用した開口補強をモデル化し、三次元 FEM 解析を行うことにより、詳細設計を行った。補強コンクリートと既設覆工とをジベルで一体化してシェル要素でモデル化する。目地部は、シェルの厚さを補強コンクリートのみとする。地盤反力を地盤ばねでモデル化する。照査の際には、STEP1：現状の応力状態における上載荷重、水圧、土圧の解析¹⁾、STEP2：開口に伴う応力解放と連絡坑掘削に伴う増分荷重の解析と二段階で実施し、それぞれの応力の合計を開口時に発生する応力とする（図-3）。解析の結果から、開口範囲から 2m 幅の補強をすることにより、許容応力度を超過する箇所がない事を確認した。補強範囲を狭くすると一体壁の厚さや鉄筋量を増加する必要があり、施工性が劣るため 2m の幅とした。

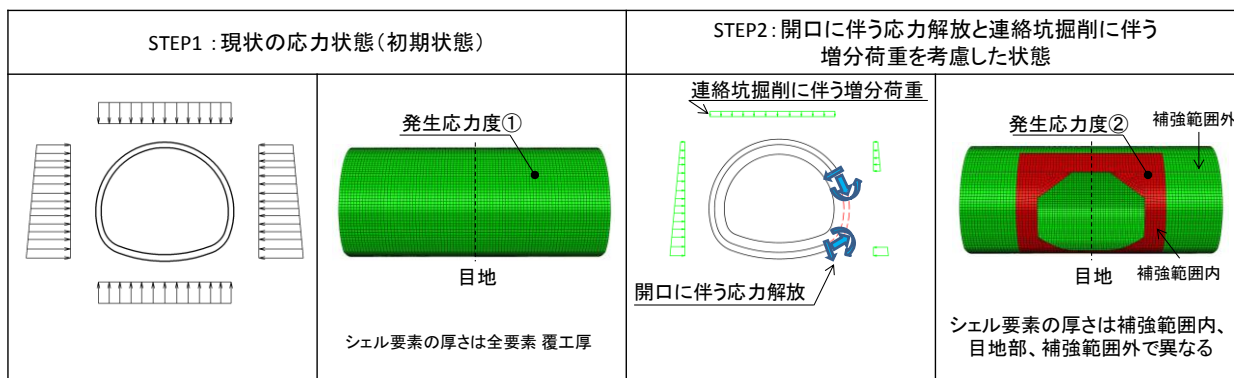


図-3 解析手順

5. 考察

道路トンネル供用下で施工可能な連絡坑開口補強方法の詳細設計を実施した。設計当初は既設覆工目地を開口範囲外とすることが望ましいと考えていたが、解析の結果、目地付近の既設覆工が薄くなり応力が集中することが分かった。目地位置を開口範囲内とすることで、補強範囲を縮小することが可能になるといえる。また、目地部に集中する応力については、目地を繋ぐ補強部材を採用することにより、目地部での応力集中に耐える補強を実現できることを確認した。工事の際には開口時の既設覆工の調査を行い、応力状態の検証を実施しながら施工を進める。

参考文献

- 1) セグメントの設計【改訂版】トンネル・ライブラリー第 23 号，土木学会