供用中のトンネルにおける安全な内巻工の施工について

1. 目的

米子自動車道において、平成24年の調査によりトンネルの一部に覆工厚不足(設計30cmに対して20cm以下)が判明し、覆エコンクリート厚不足対策として内巻工と覆工背面に生じた空洞へのモルタル充填工(平成28年8月から平成29年11月施工予定)により、正常な覆工と同等の耐力とすることを目的として補強工事を施工中である.

今回,内巻工の施工の安全確保を目的とし,二次元 フレーム解析による内巻工施工中の応力状態と,施工 完了時の応力状態を再現し施工中の崩落に対する安全 性の検証を行った.

2. 覆工厚の不足状況について

今回施工対象となっているトンネルは、米子自動車道久世~湯原間【摺鉢山トンネル(下り線)】および江府~溝口間【添谷トンネル】であり、両者とも I 期線側のトンネルである. 掘削は昭和 63 年から平成 4 年にかけて実施されており、掘削工法は NATM が採用されており、NATM 施工の初期に位置する. なお、二次覆エコンクリートには現在のような中流動コンクリートは使用されていない.

摺鉢山トンネルにおける覆工厚のレーダー探査結果の一例を示す (\mathbf{Z} -1).

局所的ではあるが、最低の覆工厚は 7cm 程度と極めて薄く、設計上期待されている耐荷力を有していない可能性がある。また、第三者被害をもたらすような剥落事象の発生が危惧された。なお、このような状態となっていた区間が摺鉢山トンネルにあってはトンネル延長約 4,100m に対して 100m 程度(11 カ所)、添谷トンネルにあってはトンネル延長約 200m に対して 40m 程度(3カ所) 見受けられ、これらについて内巻工を施工することとした。

3. 内巻工の概要及び本工事の問題点について

本工事にて採用した内巻工は、高強度・高靭性の埋

設型枠に無収縮の高強度モルタルを充填して覆工と一体化させる工法である. 内巻工は, インバートを除く全周に施工が必要だが, 本工法を採用することで, 本線を通行止めすること無く車線規制内での補強が可能である.

なお、作業の手順は、①埋設型枠設置用の型枠定着 アンカーを覆工に設置、②覆工に埋設型枠および型枠 支保工を設置、③高強度モルタルを充填、④型枠支保 工の撤去となる(図-2).

4. 内巻工の概要及び本工事の問題点について

今回の補強工事に際し、極端に覆工厚が不足している箇所における施工上の問題が2点浮上した.

1)型枠定着アンカーの定着長不足

内巻工の施工は, 既設覆エコンクリートに型枠定着 アンカーを設置し, そのアンカーにて高強度かつ靭性

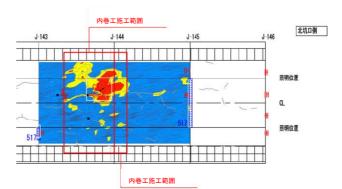


図-1 トンネル覆エレーダー探査結果

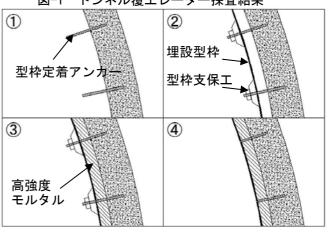


図-2 内巻工の施工手順

キーワード 内巻工

連絡先 〒689-3515 鳥取県米子市赤井手 962-2 西日本高速道路(株)中国支社 米子高速道路事務所 TEL0859-27-2317

を有したコンクリートボードを既設覆エコンクリートとの離隔 10cm を確保した状態で設置する. コンクリートボードを埋設型枠とし,内部に高強度のモルタルを充填するが,この際に,既設覆工から型枠定着アンカーの反力をとるが,覆工厚不足により必要な定着長を確保できない.

2) 内巻工施工中の既設覆工の耐力不足

交通規制の都合で走行車線と追越車線を分割して施工する必要があり、施工途中で内巻工はアーチ構造を形成できないため、内巻工の自重を既設覆工が受け持つこととなる.この際にも、覆工厚不足により内巻工の重量を支えきれないことが懸念された.

5. 内巻工施工における補助工法の検討

内巻工の補助工法として、極端に覆工厚が不足して いる箇所にロックボルトによる定着アンカーの代替工 法を検討した.

ロックボルトによる定着アンカーの代替を実施した場合,地山からコンクリートボードの定着に必要な反力を取ることができるため,既設覆工厚に係らずコンクリートボード等と定着することが可能となるとともに,施工中の内巻工の死荷重についても,一部地山で支えることが可能となる.

ただし、ロックボルトを施工する場合、既往の定着アンカーと異なり、一次覆工と二次覆工の間に設置されている防水シートを貫通してしまう。摺鉢山トンネルにおいては、場所によっては多量の湧水が見られる箇所も存在していたことから、防水シートを貫通した際に漏水が生じる可能性が高い。さらには、ロックボルトを設置するための孔にモルタルを注入すると、その湧水により逆流して供用中の道路に漏出するという第三者被害の可能性がある。これらに対応するため、ロックボルトの施工中は漏水樋を即座に施工できる状態としておくとともに、ロックボルトの設置にあっては、モルタルを使用せず樹脂カプセルを詰め、そこにロックボルトを挿入し定着する工法とした。

6. 既設覆エコンクリートの耐荷力の照査について

内巻工施工中(補助工法の有無)の応力状態の解析に用いた諸元を表-1に示す.また,解析結果を図-3に示す.

解析結果より、補助工法が無い場合には施工中に、許容応力度以上の引張応力が生じており、必ずしも安全な施工とならない可能性がある。それに対し、補助工法(ロックボルト)を設置した場合には、引張応力が抑制されており、施工中の覆工の耐力が許容値内に抑えられるこ

とが確認された.ここで,許容引張応力度は無筋コンクリートであることと,作用する荷重が短期荷重であることを想定し,コンクリートの設計基準強度の80分の1の1.5倍とした.

なお、補助工法有の場合に SL 付近に局所的な引張応力が生じているが、これは二次元解析に伴う解析誤差と思慮される.

7. 結論

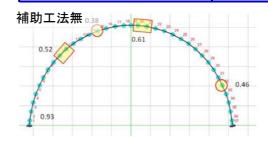
今回の工事においては、ロックボルトを補助工法と することで、施工中に許容応力以上の引張応力を抑制 できることが分かった.

しかし、今回は覆工厚の薄い断面のみの二次元解析を実施したことから、その前後の健全な覆工断面との耐荷力の関係については考慮していない。また、吹付けコンクリートやロックボルト等の一次支保工は考慮しておらず、本照査は比較的安全側の設計であることが言える。

今後、内巻工を設計するにあたっては、セントル単位での三次元解析を実施することにより、不具合部の前後の健全な部分の評価を行い、可能な限り現況の応力状態を再現することで、さらに経済的な補助工法を検討することが課題である.

表-1 二次元解析諸元

項目	数值
既設覆工の設計基準強度	18N/mm2
無収縮モルタル設計基準強度	80N/mm2
既設覆工の単位体積重量	22.5kN/m3
無収縮モルタル単位体積重量	21kN/m3
コンクリートボード重量	17kN/m3
許容引張応力度	0.33N/mm2



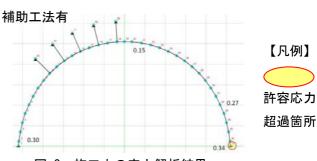


図-3 施工中の応力解析結果

(●●. ●. ● 受付)