

シールドトンネルにおけるコンポジット型セグメント区間の漏水対策について

J R 東日本 東京支社東京土木技術センター 正会員 ○平野 光孝*
J R 東日本 東京支社施設部工事課 正会員 吉田 聖浩**

1. はじめに

当該構造物は、昭和 47 年開業の全長約 6km の単線並列シールドトンネルである。開業後、周辺の地下水位上昇に伴い、トンネル内において漏水が発生し、トンネル内諸設備の保守に苦慮していた。そのため、一次覆工区間に、(図-1) のような二次覆工を施工する漏水対策工事を実施している。工事は二期に分けて実施され、一期工事が中子・ピン継手型セグメント区間、二期工事はコンポジット型セグメント区間が対象である。

本稿では、コンポジット型セグメント区間（二期工事）における漏水対策について、品質確保・工事の安全性向上について取組んだ内容を報告する。

2. セグメント形状に対応した支保工固定方法の考え方

(表-1) は、セグメント形状に対応した支保工固定方法を示したものである。当初、コンポジットセグメント区間において、一期工事で実績のあるアンカー方式で計画しなかったのは、コンポジットセグメント区間では補強部材であるセグメント内面鋼板を必要以上に切断する必要があるほか、施工コスト増、施工環境上好ましくないためである。

当初、二期工事で計画した溶接方式は、(図-2) のように、支保工固定金具をセグメント継手ボルトボックス部のセグメント内部鋼板に溶接し、ネジボルトと押さえプレートで H 形支保工を固定する方法である。

3. 溶接方式施工中に発生した事象と対策

実際に溶接方式で施工を進めようとしたところ、セグメント継手部のボルトボックスの段差、ズレ、目地の開きが予想以上にあり、箇所によっては設計通りの溶接が困難であることが判明した。段差部については、調整プレートの溶接作業等手間が増え、工程遅れやコストアップが懸念された。また、既設鋼板への溶接であるため、浸透探傷試験等の品質管理上の課題も見えてきた。

このような状況の中で、アンカー方式であれば、溶接方式より品質管理を確実に行うことができると考えたが、実現するには、内面鋼板への影響を最小限に抑えることが課題となった。

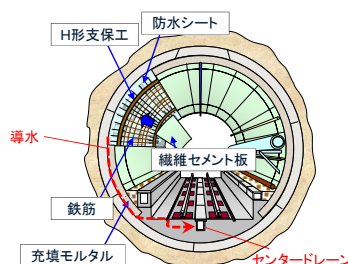


図-1 二次覆工構造

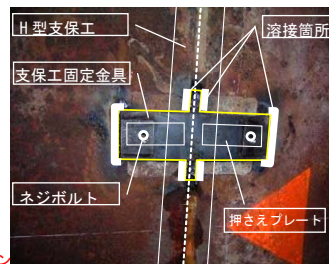


図-2 溶接方式による
支保工固定方法

表-1 支保工固定方法とセグメント形状図

	対象区間	支保工 固定方法	上載荷重	形状図
一期 工事	中小型 セグメント (RC)	アンカー 方式	主に公道下区間 20 t/m ²	 RC
二期 工事	コンポジット型 セグメント (合成RC)	溶接金具 方式 (当初計画)	在来線高架橋・7-9橋下 60 t/m ² 新幹線橋台・橋脚下 80 t/m ²	 合成(鋼板+RC)

4. 支保工固定方法の改善

4-1. 従来のアンカー方式の問題点

従来のアンカー方式は、(図-3) のように、セグメント内面鋼板をサンダーで 50mm×50mm 程度四角く切断してコンクリート部を露出させ、コンクリート削孔用のドリルで削孔後、アンカーボルト・押さえプレートで H 形支保工を固定する方法である。この方法では、①内面鋼板を必要以上に切断するためセグメントの品質が低下すること、②サンダーによる切断火花が発生するため、ケーブル等諸設備を損傷する危険性があるという問題点がある。

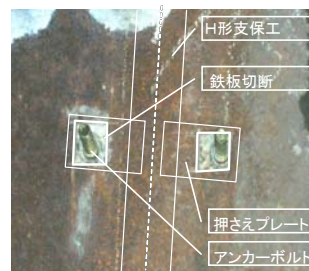


図-3 アンカー方式による
支保工固定方法

キーワード シールドトンネル, 二次覆工

連絡先 * 〒101-0014 東京都千代田区外神田 1-17-4 JR 東日本 東京支社東京土木技術センター TEL 03-3257-1693

** 〒114-8550 東京都北区東田端 2-20-68 JR 東日本 東京支社施設部工事課 TEL 03-5692-6139

4-2. 鋼板+コンクリート連続削孔方式の検討

上記問題点を解決するために、鋼板+コンクリートを連続削孔することができれば、①内面鋼板の損傷を必要最低限まで低減でき（アンカーボルト径と同等の鋼板撤去面積）、②ドリルのみでの施工によるので火花が発生せず、安全施工できると考えた。（図-4）

は、鋼板とコンクリートの連続削孔による固定方式である。

市場の穴あけ機を調査したところ、デッキプレートのような鋼板厚 1mm+コンクリートを連続削孔可能なドリルというものの存在を知る一方、当該箇所のような厚さ 3.2mm の鋼板とコンクリートを連続削孔できるドリルは市場には存在しないことが分かった。

そこで、前述のドリルをベースに改良を行い、削孔能力の向上（ $t=3.2\text{mm}$ への対応）を検討した。

4-3. ビット改良の検討

従来のドリルを用いて、実際に鋼板 $t=3.2\text{mm}$ に対して削孔するとどのようになるか、トンネル内で現地試験を実施した。結果、削孔途中でビットの超硬チップが破損し、ビットが鋼板にはじかれてくい込んでいかないため、削孔できないことが確認された。

よって、改良の着眼点は、①鋼板に対してビットが損傷しない材質・形状の検討、②鋼板に食い込むドリルの形状、であると考えて検討を行った。以下に検討内容を示す。

(a) 先端チップ（超硬）の材質変更

ビット先端クロス刃の超硬チップは、結合材料の混合割合を変えることにより、性質は変化する。鉄板とコンクリートを連続削孔可能にするためには、「硬さ」と「ねばり（抗折力）」の 2 つの要素が必要である。しかし、この要素は相反するものであり、硬さを追求すれば、折れやすくなる。硬さがある程度劣ってもねばりのある材料が必要で、両者のバランスが重要である。従来のドリルは、「切削工事用」超硬合金の中でも、最も強靱な部類の材種（JIS-K30）を使用していたが、より破損し難い「耐磨耗・耐衝撃工事用」超硬合金（超硬工具協会規格 M-50）を選定することとした。これにより、ビットの破損をなくすことができた。具体的には、従来材種よりも硬さは



図-4 連続削孔による
支保工固定方法

やや低くなるが、抗折力が約 1.2 倍のものを採用することとした。

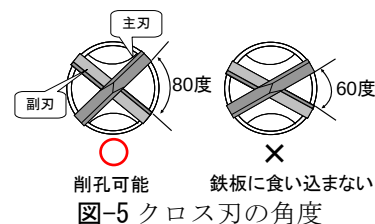
(b) 先端チップ（超硬）の形状変更

先端チップが破損した一因として、刃が鋭利すぎて、チップが振動に耐えられなかったことが考えられた。そのため、形状を検討した。

通常、鉄用の刃は鋭利にすることで、回転初期に刃が滑らないように食い付きを重視させ、刃物のように切っていく構造となっている。しかし、今回の連続削孔は、鋼板を切るというよりも、「回転+振動・打撃」で叩き潰しながら孔明けしていくので、振動・打撃に耐えるには、刃先が丸みを帯びていた方が有利である。そのため、先端チップをバフ研磨して刃先を丸くすることで、鋼板に対する削孔時のショックを逃がすようにし、ビットが破損し難い形状とした。

(c) クロス刃角度の検討

鋼板にビットをくい込ませるために、最適な先端ビットクロス刃の角度を検討した。試験施工では、（図-5）のように交差角度が 60 度、80 度の 2 種類のビットを作製した。その結果、クロス角度 80 度では鋼板削孔が可能であったが、60 度は鋼板に食い込まなかった。ドリルの回転により、主刃が作用した後、副刃が追随してくるが、60 度と 80 度で、主刃が作用した後の副刃が追随して作用するまでの時間に差がある。副刃が作用するタイミングの違いにより、鋼板に食い込むか否かの差が生じることが判明した。よって、交差角度 80 度を採用することで連続削孔を可能にした。



5. おわりに

アンカー連続削孔方式が可能になったことにより、①補強部材である内面鋼板を必要以上に切断することがなく、所期の品質を確保し、②ドリルのみでの施工となり、火花が発生しないため、トンネル内のケーブル損傷などの危険が軽減し、工事を安全に行うことができた。今後も鉄道構造物の維持管理のため、品質の確保と安全性向上を目的とし、様々な問題・課題に取り組んでいく所存である。

参考文献

- 「コンポジット型セグメント部二次覆工における支保工固定金具の施工について」 平成 21 年度全国大会第 64 回土木学会年次学術講演会 JR 東日本 橋内真太郎 平野光孝 東鉄工業 館野 宣夫