

営業中のゴルフ場直下におけるトンネル施工時の地表面沈下抑制対策について

大日本土木(株)名古屋支店 正会員 ○岩田 修

大日本土木(株)名古屋支店 小木曾 達郎

大日本土木(株)名古屋支店 服部 裕史

大日本土木(株)土木本部 正会員 藤田 徳昭

1. はじめに

坂部トンネルは三重県三重郡川越町南福崎から四日市市采女町に至る延長21.0kmの国道1号北勢バイパスのうち、三重県四日市市に位置する標高70～80mの尾根が北西-南東方向に延びる丘陵地を貫く延長約870mのトンネルである(写真-1)。トンネル上部は最小土被りが約3mであり、掘削対象箇所の地質は未固結の粘性土および砂質土で、それぞれが互層状に重なっている(図-1)。自然地下水位はトンネル天端高と同等であり、掘削にともなう湧水の影響で地山の軟弱化や地表面の沈下が懸念された。また、トンネル直上はほぼ全線に渡り営業中のゴルフ場であり、ゴルフ場の営業に支障がないよう、地表面沈下を抑制しながら掘削を行うことが特に求められた。



写真-1 施工位置航空写真

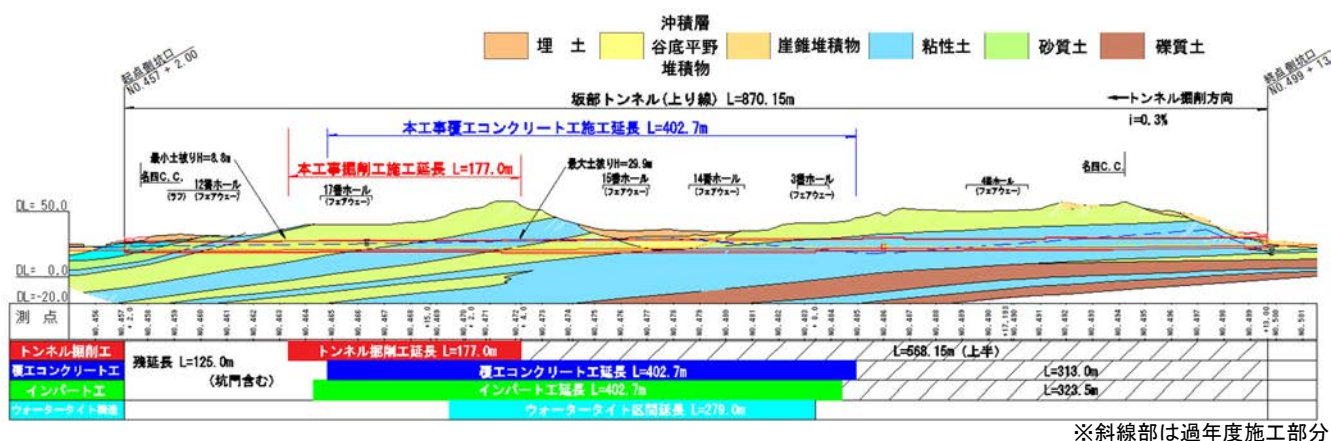


図-1 地質縦断面図

※斜線部は過年度施工部分

2. 施工中の地表面沈下抑制対策

本工事では地表面沈下量の管理基準値を50mmとしているが、FEM解析の結果によるとこれを超えることが予測されたため、沈下抑制対策を検討した。

(1) 掘削工法での対策

支保パターンDIII-A3(F2)の区間において、砂層が切羽の多くの部分を占めるようになると鏡面の崩壊が顕著となった(写真-2)。要因として上下半の切羽が近いことで下半掘削による緩みが上半鏡面にも影響を及ぼしていると推察された。そのため、掘削方式を上半先進掘削工法に変更することで、施工時の鏡面の安定性を確保するとともに、掘削に伴う支保工変位抑制を目的とした断面早期閉合との両立を図るため、上半先進ミニベンチカット工法(早期閉合)にて施工した。



写真-2 切り羽状況

キーワード 地表面沈下対策、ミニベンチカット工法、AGF-Tk工法、ダブルラップ工法

連絡先 〒500-8555 岐阜県岐阜市宇佐南1丁目3番11号 大日本土木(株)中日本支社土木部 TEL058-277-5231

(2) 補助工法 注入式長尺鋼管フォアパイリング（AGF）工での対策

a) 拡幅方式およびダブルラップ工法の採用

本工事では施工事例が多い無拡幅方式に替わり、先受け効果が確保され地表面沈下の抑制が期待できる拡幅方式を採用した。天端付近において地山安定性が確保できる場合は、最小拡幅方式（20cm 拡幅 シフト長 9m）を採用し（図-2）、天端付近の地質が砂質土で地山崩落が顕著となる恐れがあると判断される場合、打設仰角をさらに約 2° 小さくでき、上下千鳥のダブル配置による抜け落ち抑制効果が大きくかつ、末端管が掘削断面内に残置しない最大拡幅方式（40cm 拡幅 シフト長 6m）の「ダブルラップ工法」を採用した（図-3）。打設改良範囲は標準的な上半 120° に加え、120° の改良範囲より下方でも地山の崩落が顕著な場合は、打設改良範囲を上半 140° とした。

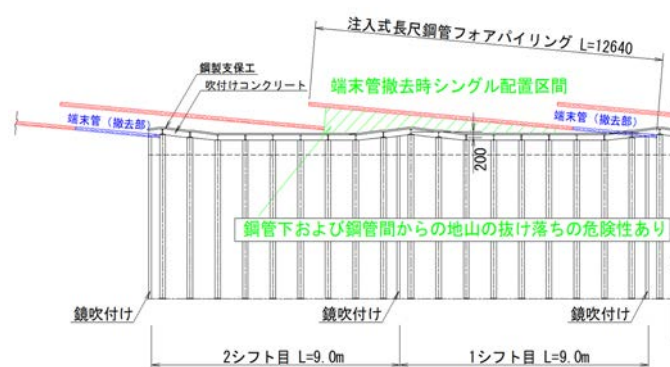


図-2 最小拡幅方式シフト長 9m 断面図

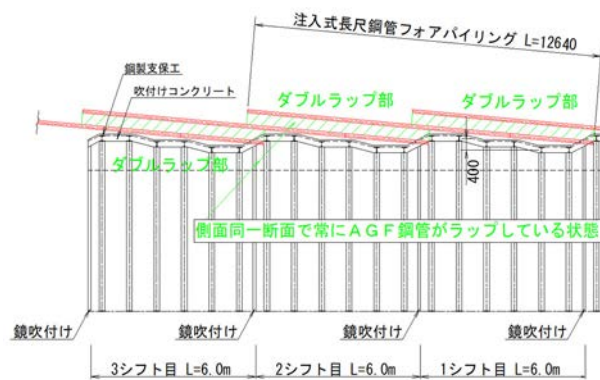


図-3 最大拡幅方式シフト長 6m 断面図

b) 末端管事前撤去型AGF工法（AGF-Tk工法）の採用

最小拡幅方式 9m シフトの場合、末端管撤去時の衝撃による周辺地山の緩みや抜け落ちにより、天端付近の地山の安定性が低下することが懸念された。そのため鋼管打設後、専用の治具を使用して末端管を中間管から事前に引抜いて注入改良を行う AGF-Tk 工法を採用した（図-4）。実施工では、末端管事前撤去部分においても十分な注入改良効果を確認した。

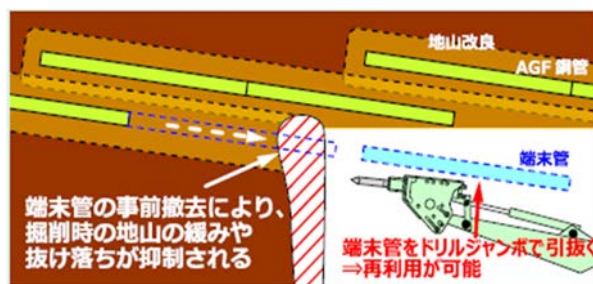


図-4 AGF-Tk工法断面図

(3) 湧水の影響を受けにくい材料を下半およびインバート部に採用

掘削補助工で使用する注入材料は、主としてシリカレジンを使用した。しかし、滞水細砂層が下半側壁部やインバート床付け盤に出現した際は、流砂現象やボーリング現象が発生し空洞や緩みの発生の恐れがあり常に緊急的な対処を余儀なくされた。このような事象が発生した場合は、シリカレジンよりも強度発現性と止水性に優れるウレタン系減水止水材（KOD-M）を使用した。

3. 施工結果

地表面沈下測定は、対象が営業中のゴルフ場のため営業開始前と営業終了後の 1 日 2 回の測定とした。また、ゴルフ場のコース内にはプレーの支障となる固定点プリズムなどを設置することができないため、コース上に設置した目印にその都度プリズムをセットして測定した。

測定の結果、地表面沈下管理基準値 50mm に対して施工中の沈下量は最大 10.5mm となり、良好な結果が得られた。

4. まとめ

本稿で紹介した対策等により、施工期間中にゴルフ場の営業に影響を及ぼす事象もなく、地表面沈下も管理基準値以内で施工することができた。最後に、本稿が今後のトンネル工事の一助になれば幸いである。