

VI-270

凍結工法による地中接合時の既設シールドトンネルの挙動

N T T関西設備建設総合センタ 土木技術部 正会員 上 野 和 章
 N T T関西設備建設総合センタ 土木技術部 坂 本 裕 也
 (株)協和エクシオ 関西支店 土木部 加 藤 清 美
 (株)協和エクシオ 関西支店 土木部 石 田 勝 彦

1. はじめに

N T T関西では、既設シールドトンネルに同径の新設シールドトンネルを水平T型に接合する際に補助工法として地盤凍結工法を採用した。今回は、凍結膨張圧による既設シールドトンネルの挙動と地下水流による凍結範囲への影響について、計測値等をもとに報告を行う。

2. シールド地中接合工事概要

地中接合は、図-1に示すように土被り約20mの砂層を中心とした地盤で、既設シールドトンネル(外径 $\phi 5.1$ m)に新設シールドトンネル(外径 $\phi 5.1$ m)を水平T型に接合した。地中接合における設計凍土厚は2.0mである。

既設シールド下部砂層の透水係数は 2.92×10^{-2} で、1.27m/dayの地下水の流速が観測された。

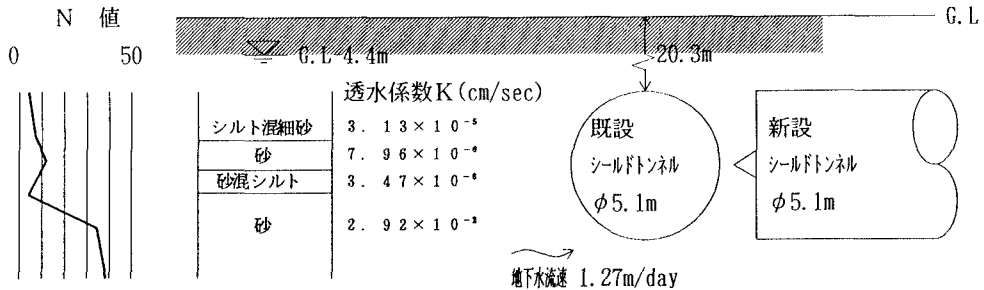


図-1 地中接合部の概要図

3. 凍結膨張圧と地下水流の検討

凍結工法の施工にあたり、①凍結膨張圧による既設シールドトンネルの影響、②地下水流が凍土造成に与える影響の検討を行った。

3-1. 凍結膨張圧の検討と対策

凍結膨張圧による既設セグメントに発生する応力は、図-2に示すように、当初設計荷重に凍土反力と膨張圧を加えた値で算出した。解析の結果、セグメントに発生する最大応力は $4,692 \text{ kgf/cm}^2$ となり、短期許容応力 $2,100 \text{ kgf/cm}^2$ を越えるため、図-3に示すとおり補強柱、補強材による補強を実施することとした。補強後の解析では、セグメントに発生する最大応力は 1886 kg/cm^2 となった。また、既設シールドトンネルの挙動を監視するため、ひずみゲージを既設セグメントの補強柱等に50個設置し、補強柱に解析値の最大応力($1,700 \text{ kgf/cm}^2$)を一次管理値として計測管理を実施した。

3-2. 地下水流の検討と対策

地下水流を測定した結果、GL-25.5mのポイントで1.27m/dayの流速が観測された。凍土造成に対する限界流速が 0.254 m/day であるため流速低減を目的とした薬液注入を図-3に示す範囲で実施した。

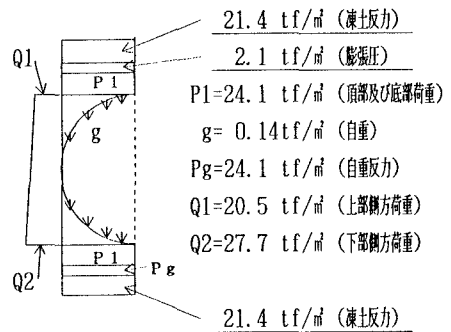


図-2 解析モデル

4. 地中接合の施工結果

4-1. 応力計測結果

図-4に示すとおり、凍結運転開始後、補強柱の発生応力は徐々に増加を示し、9月20日に一次管理値(1700 kgf/cm²)まで増加したため補強柱の両側に仮設材を設置し、さらなる補強を行った。その後、発生応力は安定し既設セグメントの開口後は徐々に減少し、強制解凍後は約 600kgf/cm²で安定した。

また、セグメント補強材でも同様な傾向を示し 2000kgf/cm²を越える応力が発生したが、開口後は応力が減少し約 600kgf/cm²で安定した。

4-2. 凍土造成結果

凍結開始から57日間で必要凍土厚(2m)が造成された。図-5に地中温度の経日変化を示す。

凍結完了直前に、地下水流に起因すると思われる不凍結域が図-3に示す位置で認められた。不凍結域は必要凍土厚外であったが、凍土の異常な温度上昇にすぐ対応できる体制をつくり、接合部の掘削を行った。

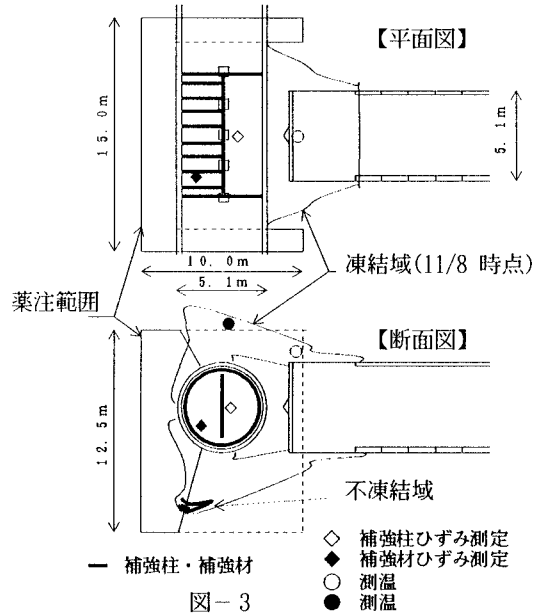


図-3

5. 考察

5-1. 凍結膨張圧によるセグメントへの影響

補強柱及びセグメント補強材で解析値(一次管理値)を越える応力が計測された。解析モデルでは、既設トンネルの二次覆工コンクリートがなくセグメントのみとした剛性一様な曲がり梁としているが、実際の凍結工事時は、接合箇所の二次覆工コンクリートは一部残っている状態であった。このため、トンネルの剛性が一様ではなくなり、局部的に応力が集中したことが原因であると考えられる。

5-2. 地下水流による凍土造成への影響

不凍結域が発生した原因として、図-6に示すように既設トンネル底部の未改良範囲より地下水が回り込んだものと考えられる。

6. おわりに

解析値を上回るセグメント応力の発生、予測外の地下水流の回り込みがあったが、無事に施工を終えることが出来た。本結果を今後の施工に役立てていきたい。

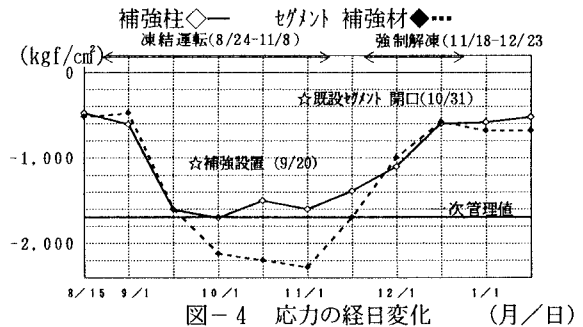


図-4 応力の経日変化 (月/日)

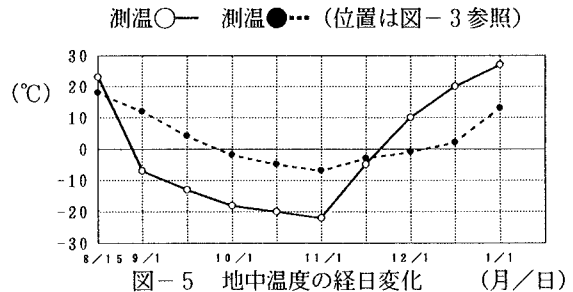


図-5 地中温度の経日変化 (月/日)

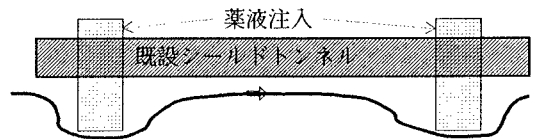


図-6 地下水流の流れ