

Ⅲ-B210

大断面シールド地中接合凍結工の設計施工実績と凍上解析

日本道路公団 東京第一建設局 正会員 山田 憲夫
 鹿島建設(株) 正会員○船本 一伸 正会員 松尾 元 正会員 阿部 功
 (株)精研 凍結本部 渡辺 恒方

1. はじめに

東京湾横断道路のシールド工事は、約 6 kgf/cm^2 の高水圧下で外径 14.14m の大口径シールド機による施工である。シールドトンネルは、浮島取付部～川崎人工島の川崎トンネルと木更津人工島～川崎人工島の中央トンネルにおいて2機づつ向い合って掘進し、トンネル中央付近で地盤凍結工法による地中接合を行った。

本文では川崎トンネル北工区の地中接合凍結工におけるシールドトンネル凍上沈下変位量の実績値と凍上現象に対する挙動解析を行ったのでその内容について報告する。

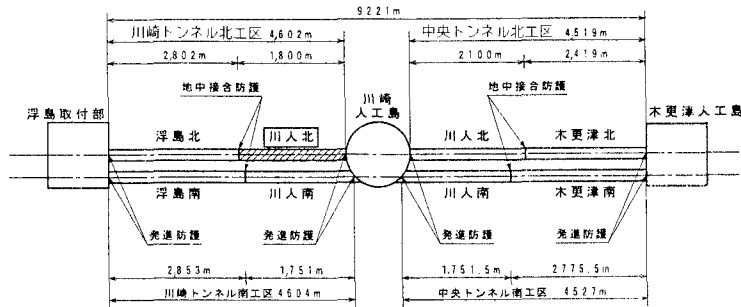


図-1 シールドトンネル工事概要図

2. 凍結工の設計

(1) 必要凍土厚の設計

凍土の厚さはカッター面板間の離隔部分(30cm)の土水圧を凍土で受けるものとし面板外周部を支点とする両端固定梁で算定した。

算定の結果、せん断応力度で決まり芯ずれ等を考慮して面板間センターでの造成凍土厚さを $h = 1.4 \text{ m}$ とした(図-2, 3 参照)。

シールド鋼殻への凍着長はこれまでの施工実績から 2.5 m とした。

(2) 凍結工の構造

本工事の凍結方式は先着側のシールド機より 1m ピッチに 48 本放射状に埋設した凍結管により凍土造成を行い、鋼殻表面の凍結は鋼殻内側の貼付け凍結管により行った。凍結維持運転終了時の最終凍土厚は単管凍結～管列凍結による熱計算を行い $h = 3.1\text{m}$ と求めた(図-3 参照)。

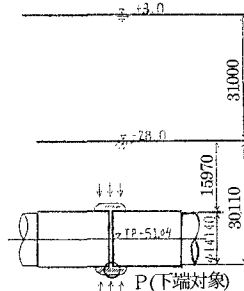


図-2 土水圧荷重状態

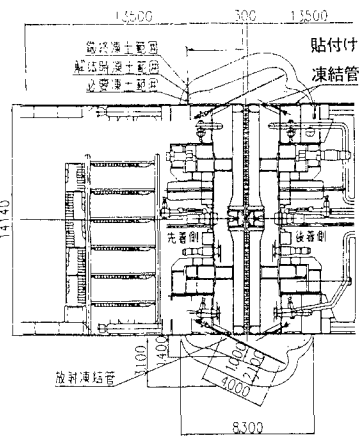


図-3 凍結構造

(3) 凍上量の推定

シールド下半が粘性土層の場合の推定凍上量は次式に示す経験式により 132mm と算定した。

推定凍上量 = 地盤体積膨張率(%) × 最終凍土厚(m) × α (α : 実績係数 0.5)

$$= 8.5\% \times 3.1\text{m} \times 0.5 = 132\text{mm}$$

・キーワード：地中接合，凍結工，凍上，大深度，シールド

・連絡先：東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設土木設計本部 TEL03-5561-2111(代) FAX03-5561-2151

3. シールドトンネルの凍上沈下計測結果

凍土造成運転中は、凍土の温度計測と凍結によるトンネルへの影響を把握するためのトンネル挙動計測を行った。図-4に川人北のシールド機前部の凍上沈下経時変化グラフを示す。

川人北の最大凍上量は 30mm で設計時に経験式により推定した凍上量の 23%に収まった。

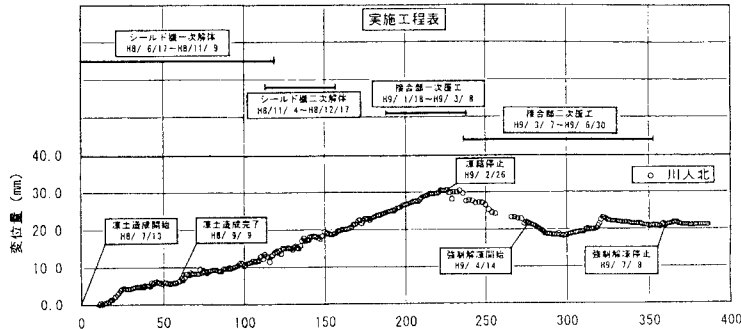


図-4 川人北シールド機前部凍上・沈下経時グラフ

4. 凍上の挙動解析

従来に比較し凍土範囲を抑えた凍結構造のため経験式による凍上量の推定に改良の必要があった。今回新たに梁モデルによる凍上挙動解析を行い有効性を提案した。

(1)解析方法

川人北トンネルの凍上持ち上がりの挙動を弾性床上の等価剛性梁モデルで解析を行い計測結果と比較した。等価剛性はシールドマシン、弾性ワッシャー有無の区間で場合分けした(図-5参照)。

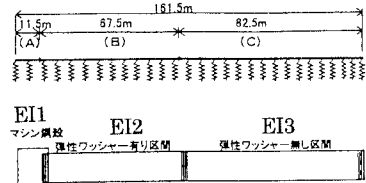


図-5 解析モデル

(2)荷重条件

梁モデルの上下方向からの凍結荷重 P は $P = K \times \delta$ (K : 地盤バネ, δ : 一次元凍上量) で与えた。ここで地盤バネは変形係数から道路橋(示)で求め、一次元凍上量 δ は室内凍結試験で得られた体積膨張率を一次元方向(1/3)に換算し次のように求めた。図-6に凍土膨張と荷重値を示す。

$$\delta = \text{体積膨張率}(\%) \times 1/3 \times \text{最終凍土厚}(\text{m})$$

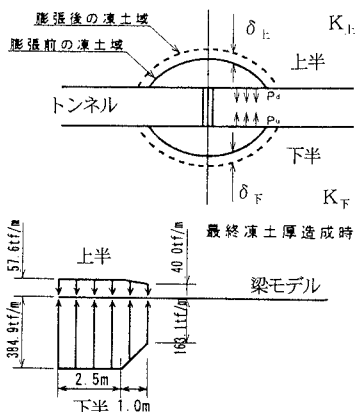


図-6 凍土膨張の想定と荷重値

(3)解析結果

マシン先端で計測値 30mm に対し解析結果は 35mm となり従来用いた経験式に比較して精度の良い推定ができた。マシン先端の変形勾配が計測値では小さくなったが、これは凍土の造成過程でマシン双方が結合されその拘束により凍上変位が抑えられたものと考えられる。

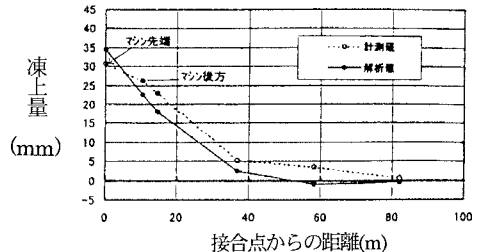


図-7 凍上変位量の解析値と計測値の比較

5. まとめ

地中接合凍結工による凍上変位挙動を弾性床上の等価剛性梁モデルによる解析手法により凍上量の推定をより良く把握できる可能性が示されたが、今後実績を重ねその有効性を確認していく所存である。