

VI-99

固結シルト層を含む地盤凍結工事での凍結膨張圧軽減

横浜市下水道局 大久保 一文 田中 邦和
 清水建設(株) 藤枝 憲文 岡本 正
 (株)精研 正会員 伊豆田 久雄*

1. はじめに

横浜市では今井川流域の浸水被害防止を図るため、今井川地下調節池を建設している。シールド外径が $\phi 12.14\text{m}$ で土被りも45 mあったため、シールド機が発進する際の連続地中壁撤去時の切羽の自立と止水を目的として凍結工法を採用した。過去の発進防護で各種の膨張対策^{1) 2)}が施工されている。本工事では、硬質な固結シルト層を含むため、大きな凍結膨張圧の発生が予想され、緩衝溝を掘り、砂に置換するなどの膨張対策を行った。本発表では、各種の計測結果から今回の方式の膨張対策の効果を示すとともに、膨張圧の軽減効果の評価も試みた。

2. 凍結工事概要

耐力壁としての必要凍土厚4.4mを確保するために、図1に示す3列の鉛直凍結管列により凍土造成(図2)を行った。対象地盤は、土質柱状図に示すように、上半部は主に砂層(Ks層)であるが下半部は凍結時に膨張する固結シルト層(Km層)であった。また、変形係数は平均560MPaと非常に硬質な地盤であったため、予想された凍結膨張圧は凍結前に連壁・立坑躯体に作用する土水圧(0.75 MPa)の約1.5倍もあった。このため、以下の凍結膨張対策をすることとした。

3. 凍結膨張圧対策工

対策工は、1)砂緩衝溝の設置、2)砂緩衝溝の砂抜取工、3)ヒートフェンス工を施工した。1)と2)は、構造物と凍土壁との間において砂緩衝溝の圧縮や砂抜き取りによる体積収縮を起こさせ、凍結時の地盤の体積膨張(Km層4.0%、Ks層1.0%)を吸収させるのを目的としている。ただし、これらの対策は砂緩衝溝が凍結した凍土維持期間中には適用できないため、この期間の必要凍土厚以上の凍土成長は加熱管で抑制した(ヒートフェンス工)。

砂緩衝溝の設置は、凍結運転開始以前に全周回転オールケーシング工法(CD工法)により連壁外周近くに $\phi 1,000\text{mm}$ の孔を掘り、地上から投入した砂でコラムを造った。これをオーバーラップさせることで、連続した緩詰め状態の砂の溝を設置した。また、砂抜取では、砂緩衝溝に挿入したロッド中に送水して砂を地上に抜きとった。

4. 凍結膨張圧計測と解析結果

4-1) 膨張対策による膨張圧の影響の抑制：地盤の凍結が開始した30日目頃から、図3のように凍結膨

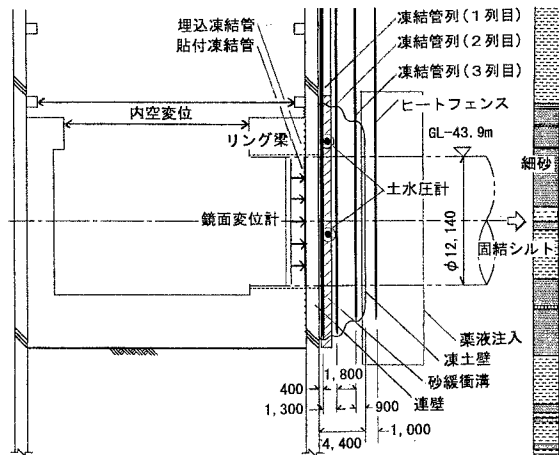


図1 凍結工事と計測位置(断面図)

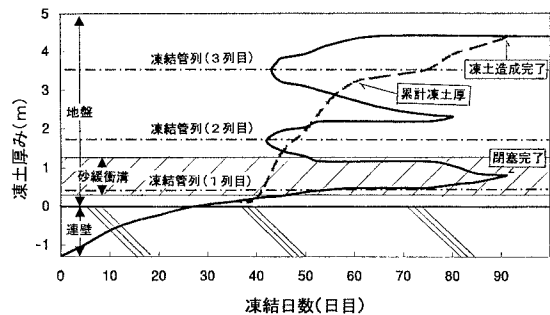


図2 凍土造成の経時変化(凍結管列起点)

キーワード：固結シルト 地盤凍結工法 凍結膨張圧 砂緩衝溝

* 〒112-0002 東京都文京区小石川1-12-14 TEL 03-5689-2355、FAX 03-5689-2361

張の影響で、連壁の水平変位と開口中心部でのたわみは造成した凍土量に応じて徐々に増加し管理値(14 mm)に近づいた。しかし、66日目から砂緩衝溝内の砂抜取を実施したことで凍結膨張変位を吸収することができ、連壁たわみは減少傾向に転じた。なお、その後、凍土造成を完了させるための砂緩衝溝の凍結と、凍土前面地山を安定させるための凍土壁前面の薬液注入を行った結果、たわみは再び増加したが、膨張対策を行っていたため凍土造成を完了させるまで連壁の健全性を保ちつづけることができた。なお、凍土造成期間を通じて凍結膨張圧の影響を受けると懸念された連壁やリング梁および立坑躯体内の鉄筋応力は、最大でも140 MPaであって許容応力以内で終わることができた。

4-2) 膨張圧軽減効果の評価：軽減効果を定量的に評価するために、砂緩衝溝内の土水圧、連壁たわみ、リング梁の内空変位などの計測値から、本工事で発生した凍結膨張圧 P_{af} を推定した。モデルとしては、土水圧では凍土全層厚に占める固結シルト層厚の割合で加重平均を、連壁たわみでは両端ピンモデル(鉄筋とコンクリートは一体でたわむとした弾性式)を、リング梁内空変位では図4で示すFEM解析を用いて推定した。

P_{af} の経時変化を、図5に示す。推定方法により多少の相違はあるが、 P_{af} は最大(凍土造成が完了した96日目)で0.15~0.22 MPaとなった。

一方、無対策時の P_{af} (図5中の破線)は、実際の累計凍土厚、室内凍上試験から求めた地盤の凍結膨張率、変形係数などを、過去に推定実績のある計算式(高志の円筒モデル³⁾)に入力して推定した。対策を施工しなかったら、 P_{af} は最終的には1.2 MPaまで増加し、連壁や立坑に大きな影響を与えたと考えられる。

上述した実際の工事での P_{af} と比較すると、砂抜取を行う以前では砂緩衝溝によって 0.8 MPa

程度の P_{af} 軽減効果が認められ、最大時でも P_{af} を無対策時の2割程度にまで軽減させ非常に有効であった。

5. おわりに

凍結膨張圧に関する各種の計測を行うことで、砂緩衝溝や砂抜取などの膨張圧対策が、固結シルトのような硬質な地盤の凍結で生じる大きな膨張圧の軽減に効果的であることが分かった。本成果は、今後の硬質な粘性地盤の凍結工法の設計・施工に、有効な資料になるものと考えられる。

参考文献 1) 小松・高部・伊豆田:土木年講, III-B144, 1996.

2) 増田・森本・三戸・伊豆田:トンネルと地下, 30-1, 1999. 3) 高志:土木学会論文集, 200, 1972.

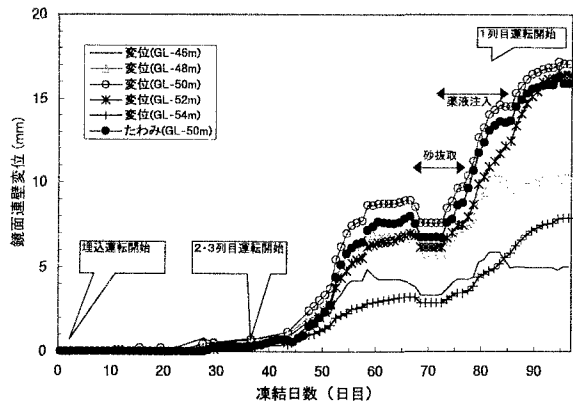


図3 鏡面連壁たわみの経時変化

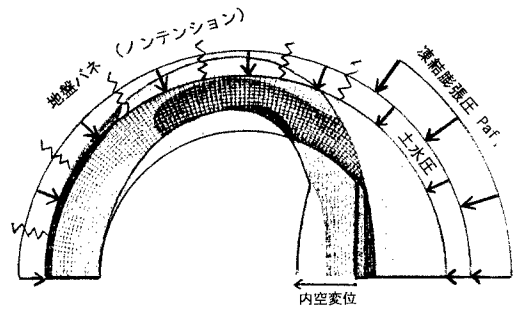


図4 リング梁変形のFEM解析モデル

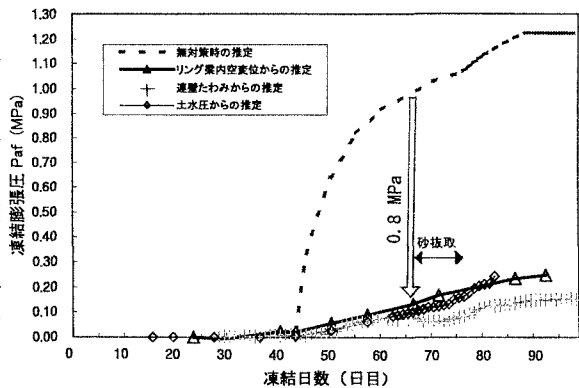


図5 凍結膨張圧の経時変化