

## VI-100

## 凍結膨張圧の計測管理

|           |     |       |
|-----------|-----|-------|
| (株) 精研    | 正会員 | 元木輝彦* |
| (株) 精研    | 正会員 | 伊豆田久雄 |
| 大成建設(株)   |     | 西田与志雄 |
| 大成・間・戸田JV |     | 今石 尚  |
| (株) 精研    | 正会員 | 加藤哲治  |

## 1. はじめに

現在建設中の首都圏外郭放水路は、慢性的な浸水地域となっている中川流域の浸水被害を解消するための地下放水路である。地下放水路は大口径かつ大深度であるため、シールド機が発進及び到達する際の補助工法としてすべての立坑で凍結工法が採用されている。このうち第2立坑では凍結対象地盤の一部に粘性土が含まれているため凍結膨張圧の発生が予想され、立坑や連壁の健全性を確保するための膨張対策として地山抜き取り工を行った。この膨張圧がもたらす立坑や連壁への影響と地山抜き取りによる対策効果を把握するため、既存の鉄筋応力計に加え、立坑の内空変位、連壁鏡面のたわみを計測し膨張圧を管理した。本報文では、これらの計測結果から凍結膨張圧を推定し、地山抜き取りによる膨張対策の効果について評価を試みた。

## 2. 施行概要

凍結工の目的は図-1, 2 に示す凍土壁を立坑のシールド発進部に造成することで、連壁取壊し時及びシールド機初期推進時の防護をすることである。凍土造成にあたっては凍結膨張圧の連壁への影響を軽減するため、1列目と2列目の間で後述する膨張対策を行った。その後、連壁取壊し等の発進準備と平行して3列目の凍結管で初期推進用の凍土を造成した。

地山抜き取り工は、1列目と2列目凍結管列間の未凍土地山をボーリングにより抜き取ることで、膨張変位を吸収し、膨張圧の発生を軽減するものである。抜き取り対象深度は図-2 に示すように凍結膨張圧が発生する粘土層の5m区間であるが、粘土層より下部では抜き取り時のゆるみが考慮できないため抜き取り長さは7mとした。また、抜き取り径とピッチは、抜き取り量が水平方向の膨張変位量となるように設定した。

計測としては、連壁鏡面のたわみは接触式変位計(3深度)で自動計測し、立坑かまち梁の内空変位は発進方向と直角方向の2測線を光波測距儀で測定した。

## 3. 事前解析

かまち梁の内空変位については、図-3 に示すモデルで骨組解析を行い、かまち梁の鉄筋応力が許容応力度(一次管理値  $1800\text{kgf/cm}^2$ 、二次管理値  $2700\text{kgf/cm}^2$ )となる時の発進方向の内空変位 $-11\text{mm}$ 、 $-16\text{mm}$ を一次管理値、二次管理値とした。

連壁のたわみについては連壁の耐力( $10.7\text{tf/m}^2$ )が作用し

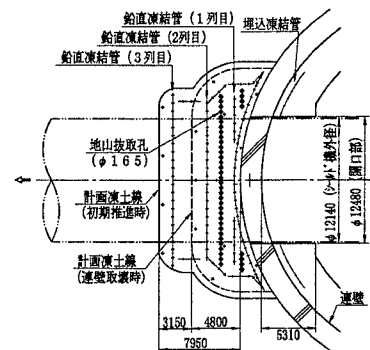


図-1 平面図

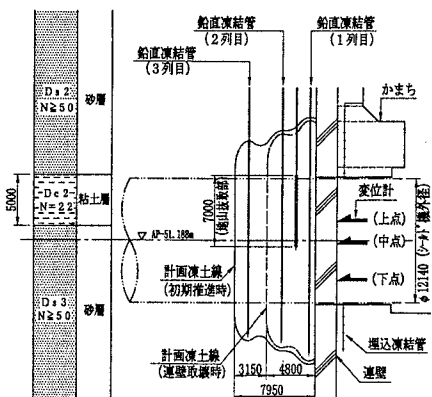


図-2 断面図

キーワード : 凍結工法、凍結膨張、現場計測、膨張対策

連絡先: \*〒112-0002 東京都文京区小石川 1-12-14(株)精研・東京支店、TEL03-5689-2355、FAX03-5689-2361

た時の中点のたわみを管理値とした。なお、この値は両端支持梁の解析解を用い、ひびわれによる剛性低下率は50%として計算した。

#### 4. 計測結果

連壁の変位は図-4に示すように、凍結開始時から増加したが、地山抜き取りにより軽減された。中点の変位は1列目と2列目が閉塞完了し凍土が止水壁として機能し始める時点（凍結80日目）までは二次管理値を超えず、連壁の健全性は保たれた。凍結82日目以降は一時的に下がったものの、連壁コアリングのため立坑側へ変位した。

内空変位は図-5に示すように発進方向に連壁コアリング開始時で約8.5mm縮み、直角方向は2mm程度の伸びを示した。発進方向の内空変位は最大で10mmとなったが管理値以内で収まり、凍結停止後戻り傾向にあった。なお、140日目以後の直角方向は計測不能になった。また、かまち梁の鉄筋応力は最大1600 kgf/cm<sup>2</sup>で許容応力度以内に収まった。

#### 5. 平均凍結膨張圧 Paf の推定

連壁のたわみによる平均凍結膨張圧 Paf の推定は、計測結果から最大たわみを求め、両端支持梁での等分布荷重とたわみの関係を用いて行った。また、かまち梁の内空変位による Paf は、図-3の骨組解析結果から推定した。なお、測定結果にはかまち梁の温度変化による内空変位の増減が含まれているため温度収縮（膨張）分を補正した内空変位を用いた。また、直角方向は内空変位が小さく測定誤差によるばらつきが大きいので Paf の推定には用いなかった。

#### 6. 膨張圧軽減効果

膨張圧の軽減効果は、図-6に示すように実際の凍土厚みを高志の円筒理論<sup>1)</sup>に入力して求めた Paf を無対策時のものと考え、それぞれの計測結果から推定した Paf との比較をして試算した。

その結果、連壁のたわみから推定した Paf は連壁コアリング開始前（凍結85日目）までで12 tf/m<sup>2</sup>となり、無対策時の Paf 17 tf/m<sup>2</sup>から5 tf/m<sup>2</sup>程度を軽減できたと推定された。また、発進方向の内空変位から推定した Paf は初期推進用凍土造成完了時（凍結153日目）で18 tf/m<sup>2</sup>程度となり、無対策時の Paf 23 tf/m<sup>2</sup>から5 tf/m<sup>2</sup>程度を軽減できたと考えられる。

以上のことから本工事においては、凍結膨張圧は地山抜き取りにより凍土壁の閉塞完了までは連壁の耐力程度に軽減することができ、凍結膨張対策として有効であったことがわかった。

#### 7. おわりに

本工事では凍結膨張圧による立坑や連壁の健全性がそこなわれることが懸念された。このため既存の鉄筋応力計に加えて、内空変位、連壁のたわみ等の計測を行い、膨張対策として地山抜き取り工を施工した結果、無事に工事を完了することができた。また、現場計測結果から凍結膨張による構造物への影響が把握でき現場膨張圧の推定手法をほぼ確立することができた。

参考文献 1) 高志勤：凍結膨張による未凍結領域の土圧と変位の経時変化，土木学会論文報告集，200，1972。

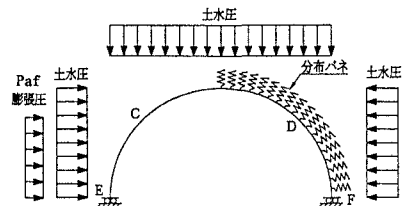


図-3 解析モデル

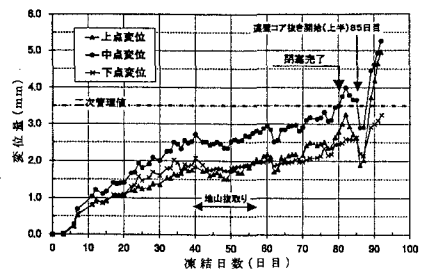


図-4 連壁変位経時変化

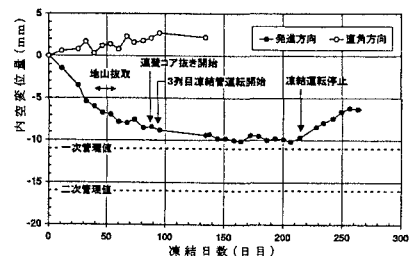


図-5 内空変位測定結果

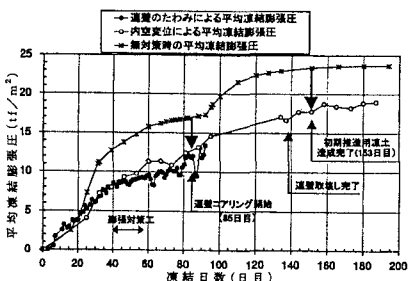


図-6 凍結膨張圧の比較