

VI-217

凍結工法による大深度シールドトンネルの地中接合工その2

— 凍結影響の検討 —

東京電力 正員 有泉 毅 東京電力 正員 松永 浩
 鹿島建設 正員 田中益弘 鹿島建設 正員 吉清 孝

1. はじめに

前報¹⁾で述べた地中接合工における周辺地盤および構造物への影響を検討するために有限要素解析(FEM解析)を行った。凍結工法による影響検討は、簡易計算法である凍上変位計算法によることが多く、FEM解析を利用するケースは少ない。ここでは予備検討としてFEM解析により各種パラメータの影響検討(感度解析)を行い、その後詳細検討として周辺への影響について検討したのでその結果について報告する。

2. 凍土の物性値

解析用凍土の物性値として凍土の剛性と凍上率を一軸圧縮試験と凍上・解凍沈下試験により求めた。結果の一例を図-1および図-2に示す。未凍土の剛性についても一軸圧縮試験によったが、凍土・未凍土のポアソン比および未凍土の側圧係数については既往の資料から選定した。表-1に解析に用いる地盤物性値等の一覧を示す。

3. FEM解析による影響検討

3.1 解析概要

解析は平面ひずみ解析とし、解析モデルの概要を図-3に示す。解析モデルは地盤構成をできる限り忠実に表現したものとし、シールドトンネルおよび杭基礎もモデル化した。要素数3580、節点数3610である。境界条件として側方は鉛直ローラ、下方は水平ローラ、杭頭はフリーとした。

基本解析ステップは図-4に示す4ステップとした。

3.2 予備検討

この予備検討は詳細検討を合理的に進めるため、解析結果に影響を与える要因の影響度を定量的に検討したものである。要因として取り上げたものは、①地盤剛性の変動、②凍上率の変動、③凍上率の応力依存性の3つである。①については摂動法を用いた確率有限要素法(SFEM)により検討した。図-5はSFEMにより得られた地盤凍上時の杭下端(左角の節点)の鉛直変位に対する地盤剛性による一次変化率を示したものである。地盤剛性の変動係数は0.345(砂)から0.704(土丹)の値を用いた。

予備検討により次のことが明らかになった。

- (1) 地盤剛性の変動の影響は小さく、平均値を用いた解析で十分である。
- (2) 凍上率の変動の影響は大きく、凍結・解凍に伴う応力変化も大きい。
- (3) 凍上率の応力依存性は大きく、適切な解析ステップの設定が必要である。

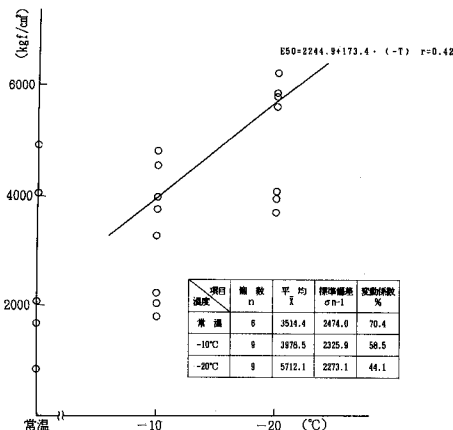


図-1 一軸圧縮試験結果例

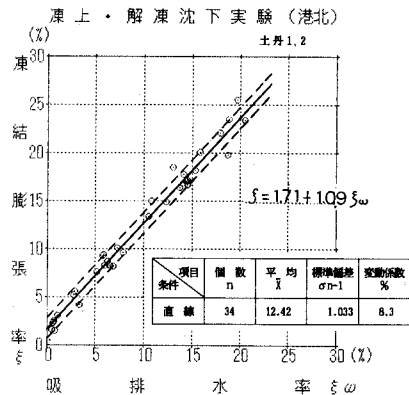


図-2 凍上・解凍試験結果例

3.3 詳細検討

予備検討の結果に基づき、周辺地盤および構造物に対する影響を合理的に予測するために剛性は平均値を、凍上率は変動や応力依存性を考慮して解析を行った。

図-6に最終ステップでの変位図、図-7に最終ステップでの主応力図を示す。

解析結果より、凍結による周辺構造物への影響として、最大凍結時に杭下端の鉛直変位が7.4mmであった。また凍上率の変動を評価した場合、±2.5mm程度の標準偏差を有することがわかった。

4. おわりに

実施工では周辺地盤への影響を検討するために、地盤中には沈下計を、杭基礎近傍に地中傾斜計を埋設し計測管理を行った。現在、解析結果と実測値との比較検討を実施中である。解析で得られた変位および応力度の変動幅を考慮した実測結果の検討に加えて、3次元効果に代表される解析で取り込めなかった要因との関連を含めた検討も行う予定である。

表-1 地盤物性一覧

種類	単体重量 N/m^3	弾性係数 kN/m^2	ポアソン比	凍上率 %	沈下率 %
シルト	15.97	2195	0.475	—	—
砂	19.40	159,740	0.35	—	—
土丹	18.72	343,980	0.35	—	—
凍土 砂	—	685,020	0.35	0	0
凍土 土丹	—	390,040	0.35	1.49	1.49
鋼材	—	2.06×10^8	0.35	—	—
杭基礎	—	5.39×10^6	0.20	—	—

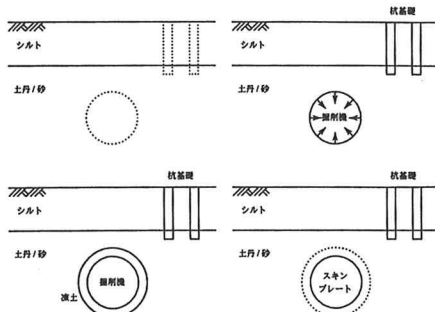


図-4 解析ステップ

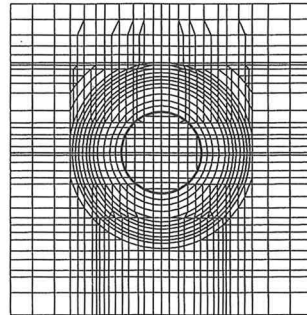


図-3 有限要素モデル(拡大図)

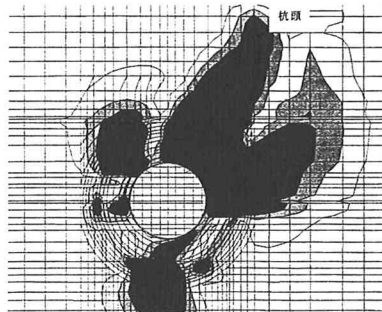


図-5 地盤剛性による一次変化率(黒:大, 白:小)

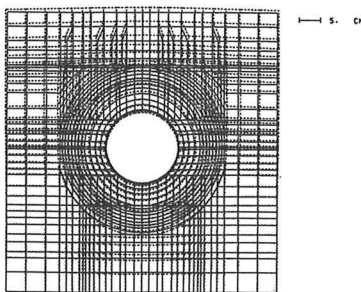


図-6 最終ステップ変位図

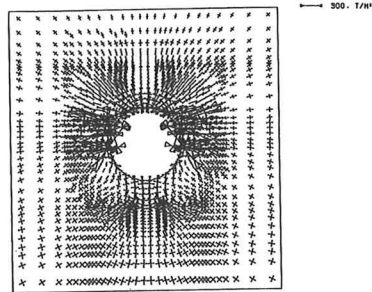


図-7 最終ステップ主応力図

参考文献

- 1) 有泉、冨所、見郷、田中、右近: 「凍結工法による大深度シールドトンネルの地中接合工その1-凍土成長抑制の検討-」, 土木学会第49回年次学術講演会, VI部門、平成6年9月