

III-220

凍結膨張吸収孔に関する室内モデル実験（3）

－現場施工パターンにおける吸収孔の崩壊圧力について－

（株） 精 研 正 伊豆田 久雄 正 上田 保司 正 生頼 孝博

1. まえがき

地盤の凍結による膨張の影響を周辺構造物に与えないために、図-1のように、地中に多数の孔をあけることがある。この凍結膨張吸収孔の最適設計をするために、これまで、単一孔の変形および崩壊応力を室内実験で調べた¹⁾²⁾。本報告では、実際の施工のパターンに近い、複数の吸収孔の変形および崩壊応力に関する室内モデル実験結果を示す。

2. 実験方法

スラリー状の藤の森青粘土を 4 kgf/cm^2 で圧密し、試料土を作製した。試料土の一軸圧縮強度は、 2.3 kgf/cm^2 である。図-2中に斜線で示した直方体の試料土に直径15mmの孔をいろいろなパターンであけたものを供試体とした。検討した削孔のパターンは、図-3aに示した一列式と、図-3bの千鳥式の2種類であり、削孔の度合いは、孔直径 ϕ と孔中心間の距離 L の比である開孔率 ϕ/L で表した。供試体の上下面および側面を拘束し、前後から合計約 0.1 mm/min の速度で圧縮した。圧縮変位量 d_1 と発生する圧力 P_1 を連続記録し、多数の孔のあいた土の崩壊圧力を求めた。

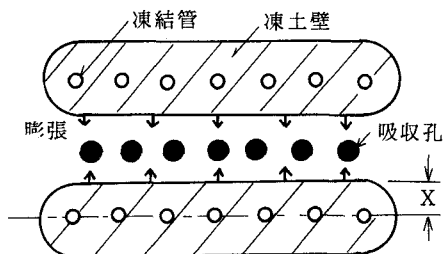


図-1 凍結工事における吸収孔（平面図）

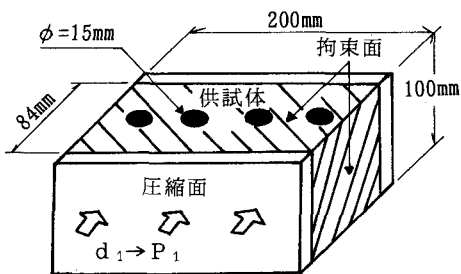


図-2 モデル実験装置の模式図

3. 実験結果

1) 圧縮変形量と発生圧力の関係

一列式と千鳥式の場合について、図-3aと3bに、変位量 d_1 と圧力 P_1 の関係の例を示す。すべての曲線で、初期の圧縮によって圧力は急激に増加するが、その後、変形による圧力増加は直線的になり、ほとんどの場合、再び圧力増加が加速される。孔の崩壊は、圧力増加が直線的になり始める圧力 P_{1s} 前後（●、■）から始まり、圧力増加が加速的になる（＝直線からはずれる）圧力 P_{1e} （○、□）で、孔の収縮傾向は緩やかになった。なお、 P_{1e} 付近から供試体の圧密による排水が認められた。

2) 一列式多連孔の崩壊圧力

図-4に、一列式の場合の P_{1s} 、 P_{1e} と開孔率の関係を示す。開孔率が減少すると、 P_{1s} 、 P_{1e} ともに増加するが、 P_{1e} の方が増加は大きい。なお、図-4中の破線は、図-3aの模式図に破線で

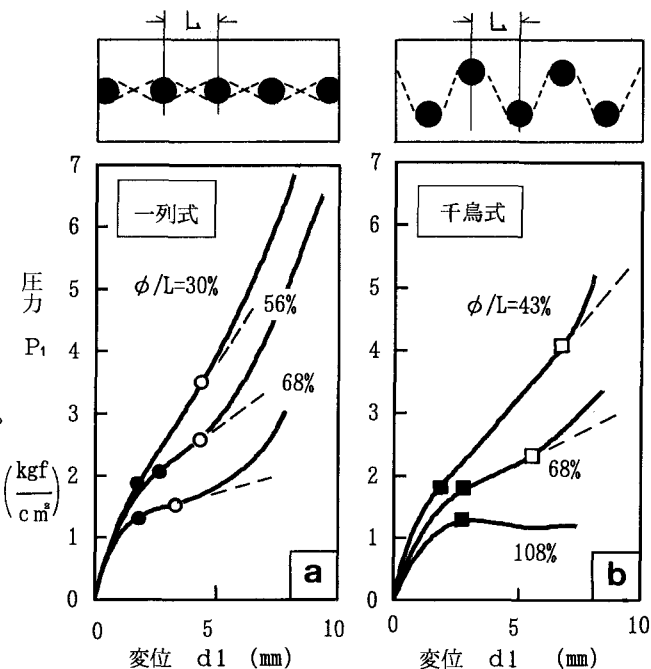


図-3 一列式および千鳥式多連孔の圧力と圧縮変位の関係

示した面でせん断破壊する圧力P1を弾性体FEMで計算した結果であり、開孔率が40%以上ではP1sとほぼ一致した。

3) 千鳥式多連孔の崩壊圧力

図-5に、千鳥式の場合のP1s、P1eと開孔率の関係を示す。一列式と同様に、開孔率が減少すると、P1s、P1eともに増加し、特に、P1eの増加が大きい。なお、図-5中の破線は、一列式と同様に計算したせん断破壊する圧力P1であり、P1sとほぼ一致した。

4. 現場への適用

地盤凍結工法の現場に適用するために、本実験で得た結果を吸収孔の体積で規準化し、図-1のような現場の凍結膨張との関連性を示す。なお、以下の検討は、1孔あたり(巾=図-4 1L)で、高さ(=深さ)Zについて行った。

{実験において}

$$\text{圧縮体積} = L \cdot Z \cdot \text{圧縮変位量 } d1 \quad \dots\dots(1)$$

$$\begin{aligned} \text{吸収体積} &= \text{孔の収縮体積 } Vh \\ &+ \text{供試体の圧密による排水量 } Vw \quad \dots(2) \end{aligned}$$

$$(1)=(2) \text{より、} Vh = L \cdot Z \cdot d1 - VW$$

$$Vh \text{ を吸収孔の体積で基準化したものを崩壊率 } \lambda \text{ とすると } \left(\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right) \lambda = (L \cdot Z \cdot d1 - VW) / (\pi \cdot (\phi/2)^2 \cdot Z) \quad \dots\dots(3)$$

{現場において}

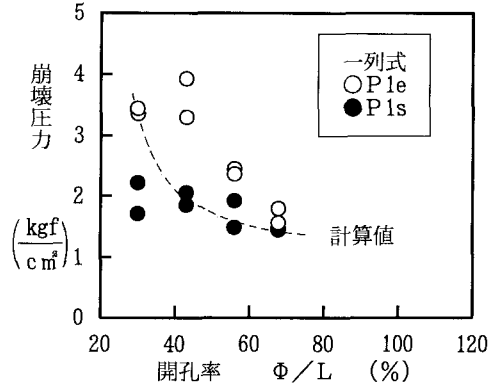
$$\text{凍結膨張体積} = L \cdot Z \cdot 2 \text{ 面} \cdot \text{片側凍土厚 } X \cdot \text{膨張率 } \xi$$

$$\lambda = 2 \cdot L \cdot (X \cdot \xi) / \pi \cdot (\phi/2)^2 \quad \dots\dots(4)$$

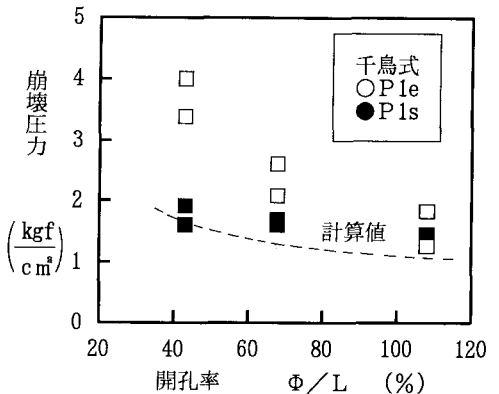
以上の規準化からえた、崩壊率 λ (=吸収孔体積で規準化した凍結膨張)と地盤の有効応力 σ (=初期有効応力+凍結土圧)の関係曲線の例(地盤の強度が本試料土と同じ場合)を、図-6に示す。片側凍土厚に凍結膨張率を掛けた $X \cdot \xi$ を(4)式に入れて求めた崩壊率 λ から、図-6を用いて現地盤での有効応力および凍結土圧を推定することが可能である。なお、室内実験においてP1e後にみられた圧密は現地盤では少なめになるが、長期間に及ぶ凍結工事では現地盤の条件による圧密量を計算し、図-6の曲線を補正する必要があると考えられる。

5. まとめ

現場施工パターンに近い凍結膨張吸収孔があいた土について、崩壊圧力を測定する室内モデルを行った。その結果、それぞれのパターンでの崩壊応力と吸収孔の開孔率の関係を求めることができた。この関係は、現場で想定される凍結膨張量と許容有効応力(許容膨張変位)から、吸収孔のパターンと削孔の本数を設定するための基礎資料になる。今後は、実際の工事において本実験結果の評価を行い、最適な凍結膨張吸収孔の設計手法を確立したい。



一列式多連孔の崩壊応力と開孔率の関係



千鳥式多連孔の崩壊圧力と開孔率の関係

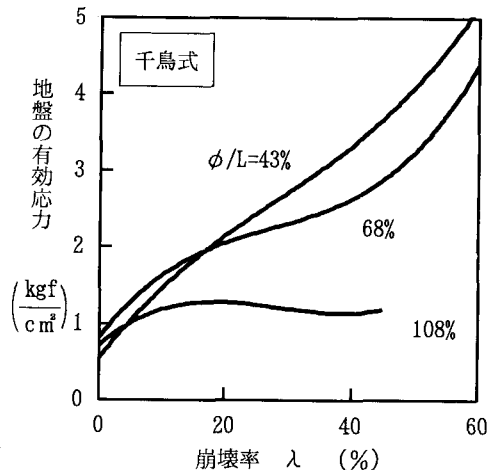


図-6 吸収孔の崩壊率と地盤の有効応力の関係

文献 1) 伊豆田他(1991)、土木学会年次学術講演会概要集、Vol.3、850-851。

2) 伊豆田他(1992)、同上、Vol.3、1140-1141。