

III-550 凍結膨張吸収孔に関する室内モデル実験(2)

— 凍結膨張による圧密の影響について —

株式会社 精 研 正 伊豆田久雄 上田 保司 正 山本 英夫

1 まえがき

凍結工法における凍結膨張対策として、凍土前方の地山に孔をあけ、この孔の収縮によって凍結膨張を吸収し、造成する凍土周辺にある構造物の変位を抑制する方法がある(図1)。吸収孔の変形挙動を調べるために、図中に斜線で示した部分のモデル化を行い、室内実験や解析を進めている¹⁾。本報では、まず凍結膨張による圧密が生じる前の土中の吸収孔の変形挙動を調べ、次に凍結膨張による凍土前方地山内の有効応力増加と、有効応力増加によって圧密が付加した土中の吸収孔の変形や崩壊を検討した。

2 K₀圧密土の場合

凍結開始時の地山は、K₀圧密状態にある。先行圧密応力 σ_c が異なる円柱状のK₀圧密土を作製し、その中心部に孔をあけた厚肉円筒土(外径=10 cm、内径=2.5 cm、高さ=10 cm)を供試体とした。円筒供試体の側面載荷実験(軸方向は完全拘束、体積収縮速度=1.6cm³/min)を行うことによって、図1中の斜線部分をモデル化している。なお、試料土(藤の森青粘土)および実験装置は前報と同様である。

円筒の体積収縮と側圧の関係の例を、図2に示す。収縮の進行によって、側圧は始め直線的に増加するが、側圧の増加は緩やかになり一定となる。その後は、円筒の内側に土が詰まったため、側圧は再び単調増加する。円筒の降伏側圧P_yおよび崩壊側圧P*は、収縮率～側圧の関係が直線から外れる点および増加がなくなる点での側圧とした。

P_yおよびP*と、先行圧密応力 σ_c (K₀圧密時の軸方向の応力)の関係を図3に示す。 σ_c の増加によって、P_y、P*は共に増加する。

K₀圧密土の場合、圧縮方向(半径方向)は、圧密時の最大主応力の方向(軸方向)と直交している。したがって、K₀圧密円筒土の強度を検討する際のせん断強度としては、圧縮方向が圧密方向に直交する三軸伸張試験から得た値 $\tau_{\perp}$ ²⁾が適当である。 $\tau_{\perp}$ と、P_yおよびP*との関係を求めると、各々は図4に示すように直線関係であった。

3 凍結膨張により圧密が付加した土の場合

凍結開始時はK₀圧密状態にあった地山は、凍結中に2種類の圧密をさらに受ける。一つは、凍結膨張に伴う凍結面への吸水による前方地山の脱水圧密であり、他は凍結域

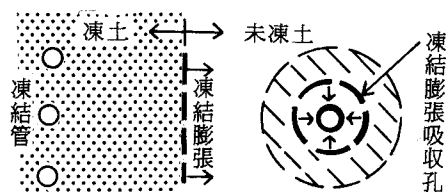


図1 凍結膨張吸収孔の模式図(平面)

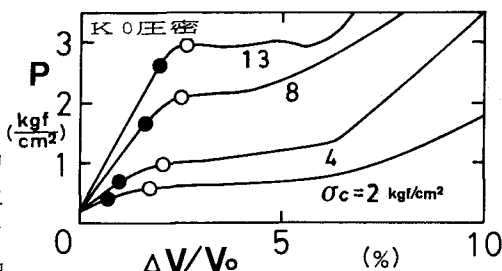


図2 側圧Pと収縮率 $\Delta V/V_0$ の関係

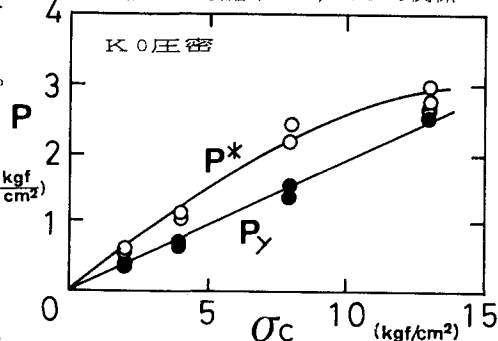


図3 降伏側圧P_y、崩壊側圧P*と先行圧密応力 σ_c の関係

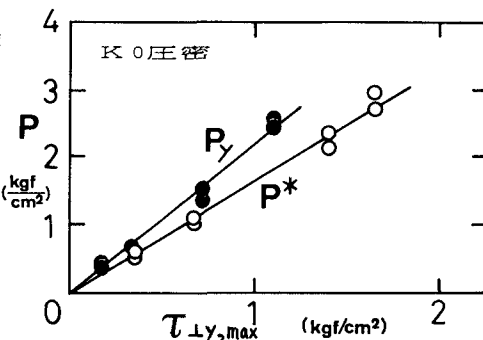


図4 P_y、P*とせん断強度 $\tau_{\perp}$ の関係

の凍結膨張によって発生する凍結土圧による圧密である。

付加される圧密の度合を決める有効応力を、陽解法の差分式を用いて算出した。凍結面への吸水は高志ら³⁾の吸水速度によるものとし、また凍結面前方の土の透水係数や体積圧縮係数は有効応力に応じて変化するものとした⁴⁾。例として、凍結前の有効応力が 1 kgf/cm^2 の場合について計算した結果を、図5に示す。有効応力 σ' は凍結面に向かって増加し、また σ' は凍結面の進行（図中、①→⑤）に伴って徐々に増加する。

凍結膨張による有効応力の増加は、土の凍上性、自由吸水面までの距離、周辺地山の拘束性などによって決まるが、有効応力の増加は土の強度を増加させる。凍結膨張による圧密の方向と凍結膨張による圧縮の方向は一致するため、凍結膨張によって圧密が付加した円筒土の強度を検討する際のせん断強度としては、圧密方向に行った一軸圧縮試験から得た値 $\tau_{//}$ が適当であると考えられる。 $\tau_{//}$ と圧密時の有効応力 σ' の関係は図6に示すように、 σ' によってせん断強度も増加するため、凍結膨張による圧密が付加した円筒土の P_y 、 P^* は K_0 圧密土よりも大きくなることが予測される。

そこで、 K_0 圧密円柱土 ($\sigma_c = 2 \text{ kgf/cm}^2$) を、側面排水状態において異なる側圧 P_p で付加圧密した土（付加した有効応力は側圧に等しい）から作製した円筒土の側面載荷実験を行った。図7、8に示すように、 P_y 、 P^* は共に、付加した有効応力 σ' によって増加した。

凍結膨張によって圧密が付加した円筒土の P_y 、 P^* とせん断強度の関係が、 K_0 圧密の円筒土の場合に得られたものと同じであるかを調べるために、図6で示したせん断強度 $\tau_{//}$ を図4の係数に代入して P_y 、 P^* を算出した。図7、8中に実線で示した計算値は、実験結果と概ね一致した。以上のことから、凍結膨張による圧密が付加した土中の吸収孔の変形挙動も、図5で例示した凍結膨張によって生じた有効応力と、計算に用いるせん断強度の種類（ $\tau_{//}$ ）のみを考慮すれば、凍結開始時の K_0 圧密土の場合と同様に推定できることが分かった。

今後は、モデル実験から得られた結果の現場への適用性の検討を行い、凍結膨張吸収孔による対策法の確立を行いたい。

文献

- 1) 伊豆田他(1991), 土木学会年次学術講演会概要集, Vol. 3, p850-851.
- 2) 三笠他(1984), 土と基礎, 32-11, p25-30.
- 3) 高志他(1976), 雪氷, Vol. 38-1, p1-10.
- 4) 山本他(1989), 雪氷, Vol. 51-4, p275-284.

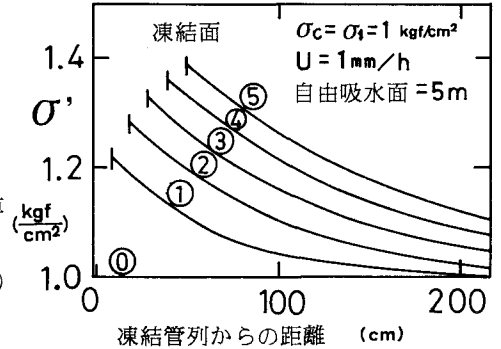


図5 凍結面の進行による未凍土の有効応力 σ' 分布の変化

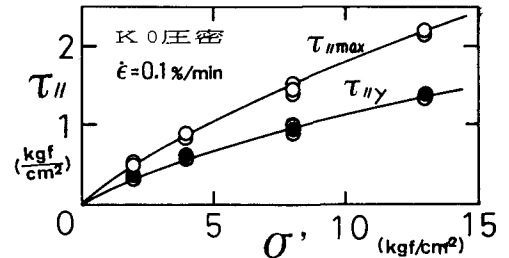


図6 せん断強度 $\tau_{//}$ と圧密時の有効応力 σ' の関係

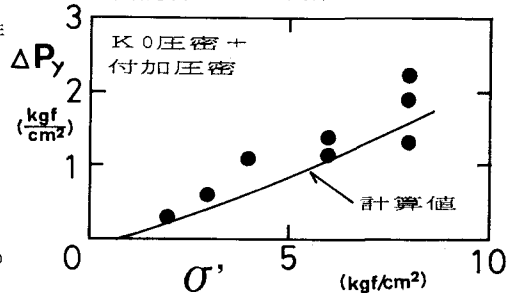


図7 降伏側圧の増加量 ΔP_y と付加した有効応力 σ' の関係

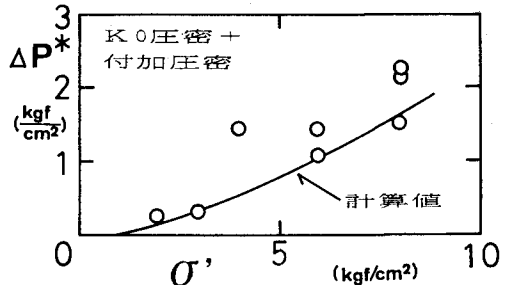


図8 崩壊側圧の増加量 ΔP^* と付加した有効応力 σ' の関係