現場モデルの応力解析に基づく凍着曲面の凍着安全性評価

(株)精研	技術本部	正会員	隅谷	大作
(株)精研	技術本部	正会員	上田	保司
(株)精研	技術本部	正会員	生頼	孝博

<u>1.はじめに</u> 凍結工法では,凍着を維持することは重要である.凍着面上の位置によって,せん断応力 の向きや大きさが異なる凍着曲面での凍着維持条件は不明で,その安全性を定量的に評価することができな かったが,前回,凍着曲面での凍着維持条件を室内実験¹⁾によって明らかにした.今回は,この実験結果に 基づく凍着維持の評価法を現場モデルに適用し,施工に係わる幾つかの因子について,凍着安全性を調べた.

2.現場モデルおよび評価法 図1に,トンネル間の拡幅 を想定した現場モデルを示す.土質は均質な砂質土または粘 性土とした.凍着面に発生する応力は,弾性 FEM 解析によ って算出した.図2に,砂質地盤における凍土厚4m,凍着 面温度-10,施工深度GL-25mの場合の凍着面に発生する せん断応力 および垂直応力 nの解析による分布を示す. なお,現場モデルは左右対称であるため,図1中の左側の凍 着面での分布である.

凍着せん断強度 _sは,凍着面への垂直応力 _nにる増強
効果²⁾を考慮した式(1)で算出した値
を用いた.ここで, ₀は _nが0の ^{s=0+a×n}(1)
ときの凍着せん断強度であり,図3に示す先行研究における
実験値^{2),3)}を用いた.また,aは実験から求められる定数で
ある.凍着面の温度は,貼付凍結管によって,凍着面全域で

一定温度に保たれているものとする.

本報では,凍着維持の安全

性を ,式(2)で定義する凍着安 $S_{fa} = \frac{\sum(s \cdot \Delta S)}{\sum(s \cdot \Delta S)} = \frac{R_s}{W_s}$ (2) 全率 S_{fa} によって評価する .

ここで, S は凍着面における微小面積, R_s は凍着せん断強度 _sに基づく凍 着面全域の全せん断抵抗荷重, W_s はせん断応力 に基づく凍着面全域に作用 する全せん断荷重である.図1中に示す基本数値において,凍着面温度,凍着 面積,施工深度,土質を変化させながら解析を行い,これらの因子による S_{fa} の変化から凍着維持の安全性を評価した.なお,図2の場合では,式(2)による S_{fa}は 8.4 である.

<u>3.評価結果</u> の関係を示す.凍着面温度が低下するにつれて,S_{fa}は増加することが確認で

きる.図5に,砂質地盤での凍着面温度の変化に伴う W_s と R_s の変化を示す.凍土に作用する上載荷重は凍着面温度の影響を受けないため, W_s は一定値である.また,図3に示したように, $_0$ は凍着面温度の低下に伴って増加するため, $_s$ に基づく R_s も温度の低下に伴って増加する.したがって, R_s と W_s との比である S_{fa} は増加することになる.

凍結,現場モデル,凍着,曲面,解析

〒542-0066 大阪市中央区瓦屋町 2 丁目 11 番 16 号 (株)精研 技術本部 TEL:06-6768-5031 FAX:06-6768-1508





図3 凍着せん断強度 の実験値

3-2. 凍着面積の影響 図6に,凍着面 積とSfaとの関係を示す.砂質および粘性地盤 とも, 凍着面積の増加に伴って, Sfa は直線的 に増加することが確認できる.図7に,砂質 地盤での凍着面積の変化に伴う W_sと R_sの変 化を示す.凍着面積の変化に伴う上載荷重の 変化は,初期上載荷重に比べ,わずかである ため、W、は凍着面積に依らずほぼ一定値とな る.また, R_sは, 凍着面積が増加するにつれ て,直線的に増加する.したがって,Sfaは直 線的に増加することになる.

3 - 3 . 施工深度の影響 図 8 に,施工深 度とSfa との関係を示す.砂質および粘性地盤 とも,深くなるほど Sfa は減少するが,大深度 ほど Sfaの減少勾配は緩やかになり,一定値に 収束する傾向を示す.図9に,砂質地盤での 施工深度の変化に伴う W_sと R_sの変化を示す. W、は,深度に応じて上載荷重が増加すること から,直線的に増加する.また,深度に応じ て増加した "が,式(1)の効果によって 。 を増加させるため, R_sも直線的に増加する.

W、とR、の荷重変化を深度Dの一次関数で 表し,式(2)にあてはめると,Sfaを次式で表す ことができる.

$$S_{fa} = \frac{R_s}{W_s} = \frac{b \times D + c}{e \times D} = \left(\frac{b}{e}\right) + \left(\frac{c}{e \times D}\right) \quad (3)$$

式(3)の右辺第1項の(b/e)は, 凍着せん断強度

図9 施工深度の変化に伴う の垂直応力依存性によって決まる定数であり、図8 施工深度と凍着安全率S_{fa}との関係 W_sとR_sの変化 「深度の影響を全く受けない.また,第2項の(c/(e×D))は,S_{fa}がDの双曲線関数であることから,S_{fa}の減少 「勾配が D の増加に伴って緩やかになることが確かめられる.したがって,大深度施工でも,垂直応力」。に よる凍着せん断強度 。の増強効果によって,ある一定の凍着安全率が確保されることがわかった.

凍着面温度,凍着面積,施工深度とSgとの関係を示した図4,図6,図8において, 3-4.土質の影響 いずれの条件でも、砂質地盤の方が粘性地盤よりも Sfa は大きいため、砂質地盤の方が凍着維持は安全である. しかし,両者の違いは小さいことがわかる.

4.まとめ 凍着維持条件に基づく評価法を現場モデルに適用し、凍着維持の安全性を調べた、以下に得 られた結果を示す.(1)砂質地盤の方が粘性地盤よりも凍着維持は安全であるが,土質による相違は小さい. (2)凍着面の温度低下や凍着面積の増加によって,凍着維持の安全性が増すことを,定量的に確かめることが できた.(3)施工が深くなるほど凍着安全率は減少するが,その減少勾配は深くなるほど緩やかになり,大深 度でもある一定値以上の凍着安全率が確保される.

(文献)1)隅谷他(2005):土木講演集, -349.2)上田他(2004):雪氷,66 巻 2 号,pp.497-503.3)森内他(2003):雪 氷予稿集,p.186.



