

III-329

円板凍土とモルタル板との間の凍着引張強度に関する室内実験

(株) 精 研 正 小林 進
同 上 正 山本 英夫
同 上 正 伊豆田久雄
同 上 正 生頼 孝博

1. はじめに

シールド発達防護に凍結工法が用いられる場合、凍土壁と立坑の凍着面に引張応力が働く場合がある。凍着せん断強度に関しては多くの研究があるが凍着引張強度に関しては見あたらない。そこで、モルタルの穴あき円板に凍着させた凍土に荷重をかけ、凍土をモルタル円板より剥離させ、その時の最大強度を測定する模型実験を行った。

2. 供試体及び実験装置

試料土は、豊浦標準砂と藤の森青粘土の2種類を用いた。供試体の作製は、穴あき部分に底蓋をしたモルタル円板(外径25cm, 穴径10cm, 厚み3cm)の上に載せた円筒容器に水飽和状態の試料土を充填し、上部、及び側面を防熱したものを試験温度の低温室でモルタル円板側より一次的に凍結させた。尚、供試体高さは荷重による凍土のたわみが大きくならないように厚く(7cm)した。供試体の物理定数を表-1に示す。モルタル円板の凍着面は鉄製型枠と接する面をサンドペーパーをかけて仕上げた。

実験装置を模式的に図-1に示す。供試体を凍着させた穴あきのモルタル円板を円筒の支持台に載せ、低温室内に設置した装置により、穴あき部分の凍土に一定変位速度でピストンを押し込む方法で凍着部分に引張応力を生じさせる。この際の押し込み荷重とピストンの全変位をX-Yレコーダーで自記記録した。

3. 実験結果

1) 凍着面積の影響 供試体の外径をえ凍着面積 S_{ad} が異なる凍土の実験を行なった結果を図-2に示す。凍着引張強度 σ_{ad} は最大荷重を凍着面積で除した値である。凍着面積を大きくとりすぎると σ_{ad} は小さくなる傾向が見られる。この原因としては、凍着面積を増すことによって全荷重 P が増して円板のたわみが増し、引張応力が集中する傾向になる事が考えられる。逆に凍土の凍着面積を小さくするとモルタル円板内縁

表-1 供試体の物理定数

	砂 凍 土	粘土凍土
湿潤密度 (g/cm^3)	1.90 ± 0.07	1.62 ± 0.04
含 水 比 (%)	24.7 ± 2.1	55.3 ± 8.5
氷飽和度 * (%)	99.1 ± 3.1	105.2 ± 7.0

*土中水すべてが氷に変化したとして計算したもの

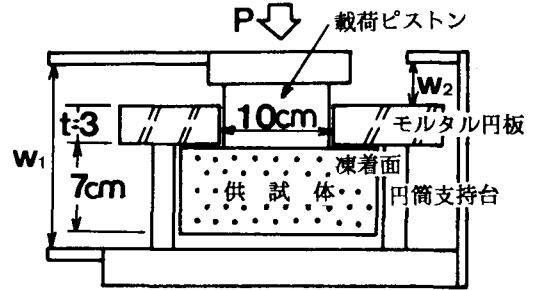


図-1 実験装置模式図

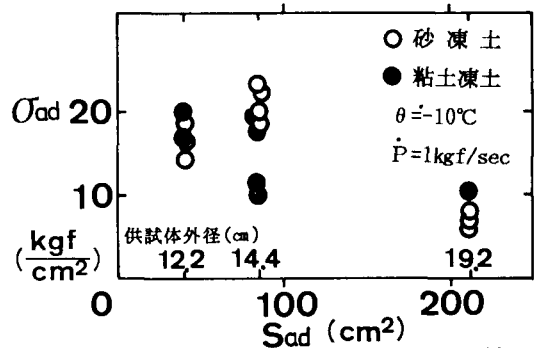


図-2 凍着引張強度 σ_{ad} と凍着面積 S_{ad} の関係

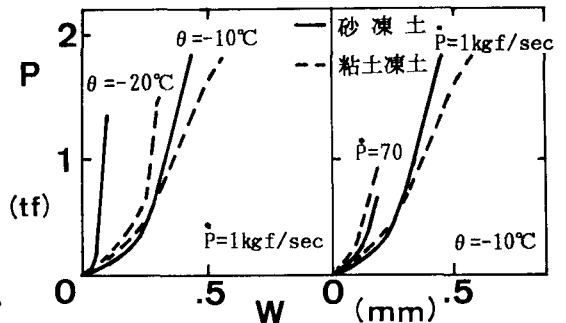


図-3 荷重 P と変位 W の関係

の状態の影響を大きく受けることが考えられるので以下の実験では供試体の凍着面積を 85 cm^2 ($\phi 14.4\text{ cm}$) とした。

2) 荷重と変位の関係 測定した全変位 w_1 には、凍着面の伸びだけでなく、モルタル円板及び凍土のたわみ、凍土上面の凹凸のへこみ、円筒支持台の圧縮等が含まれているが、円筒の支持台の圧縮量 w_2 を減じた変位と荷重の関係の例を図-3に示す。曲線の立ちあがりでは載荷部分の凍土の凹凸のため荷重増加が少ないがその後は直線的になる。砂凍土の場合、直線的な部分でモルタル円板と凍土が剥離するが、粘土凍土の場合は直線的な部分からややはずれた時点で剥離した。剥離は、砂・粘土共、瞬間的に生じた。砂・粘土凍土とも温度が低くなる程、また荷重増加速度が大きくなる程、最大荷重時の変位は小さくなる。

3) 荷重増加速度の影響 荷重-変位曲線が直線である区間から求めた荷重増加速度 $\dot{P}$ と凍着引張強度 σ_{ad} の関係を図-4に示す。 $\dot{P}$ が大きくなるに伴い σ_{ad} は減少する傾向があり砂凍土の場合この傾向は顕著である。

4) 温度の影響 温度 θ と凍着引張強度 σ_{ad} の関係を図-5に示す。粘土凍土においては -5°C から -15°C までの温度低下に伴い σ_{ad} は増加するが、 -20°C では σ_{ad} は低下している。砂凍土の場合も同様な傾向が見られるがその増加の程度は小さい。この様に強度が温度の低下に伴いピークを持つ傾向は凍土の曲げ強度に於ても見られ¹⁾ 興味深い。

5) 凍着剥離面の状態 剥離後の状態を観察すると、砂凍土の場合はモルタル円板及び凍土のどちらの剥離面にも薄い氷の層が見られたがモルタル円板には砂凍土自体は残存しなかった。粘土凍土の場合、砂凍土に比べ氷の層が厚く（砂凍土 0.5 mm 以下に比べ粘土凍土は $1\sim 2\text{ mm}$ 程度）剥離の際には円板の内側には氷の薄い層だけが残し、外側にいくにしたがって厚くなり一番外側には粘土凍土も残存していた（図-6）。この観察結果から、引張り時の剥離は凍結時にできるモルタル円板と凍土の間の氷の層で進行していることがわかる。

4 おわりに

本実験では凍着引張強度は -15°C で最大値を持ち、砂凍土で $16\sim 24\text{ kgf/cm}^2$ 、粘土凍土で $23\sim 28\text{ kgf/cm}^2$ であった。

参考文献

- 1) 生頼他, 凍土の曲げ試験における最大強度特性と降伏強度特性の比較、雪氷予稿集, P 34, 1986

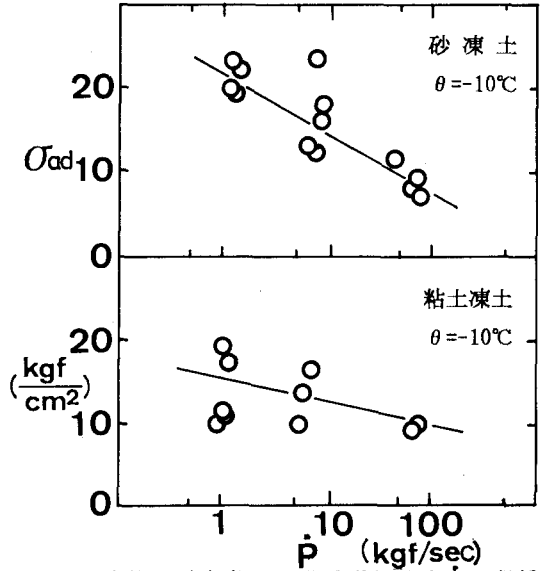


図-4 凍着引張強度 σ_{ad} と荷重増加速度 $\dot{P}$ の関係

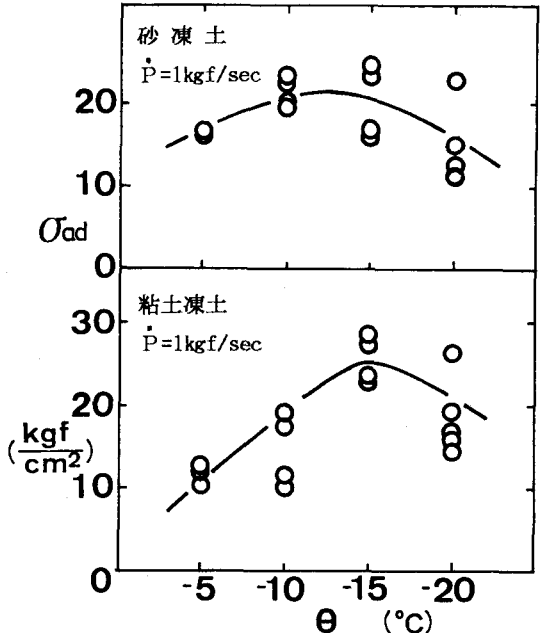


図-5 凍着引張強度 σ_{ad} と温度 θ の関係

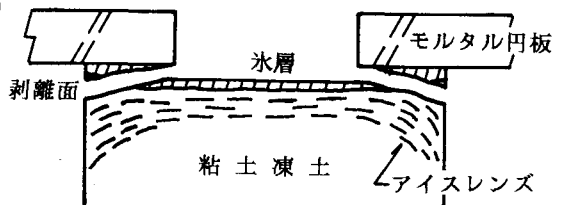


図-6 凍着剥離時の状態(粘土凍土の場合)