

鹿島建設技術研究所 正員 田中益弘

塙 信之

I はじめに

海底下のトンネル地中接合や拡巾工事の補助工法として凍結工法を採用する場合、凍土構造体の強度計算上、塩分濃度を考慮した力学的性質（圧縮、曲げ、引張り、せん断）を把握する必要がある。筆者らはすでに、塩分濃度を考慮した圧縮・曲げ試験について報告^{*}してきたが、過去、塩分濃度を考慮した凍土のせん断試験例はなく、しかも試験法が確立していないのが現状である。そこで今回、4 cm×4 cm×12 cmの供試体で二面せん断試験を行い、塩分濃度が凍土のせん断強度におよぼす影響について調べたので、その結果について報告する。

表-1 土の物性値および供試体作成条件

土の物性値			供試体作成条件		
項目	試験	標準砂	項目	試験	標準砂
比重 Gs	2.647	2.660	含水比 W(%)	25	60
液性限界 W _L (%)	—	42.5	湿潤密度 ρ (g/cm ³)	1.95~1.99	1.59~1.64
塑性限界 W _p (%)	—	21.0	飽和度 S _r (%)	95 以上	95 以上
乾砂分 (%)	100	4	塩分濃度 S (%)	0, 1, 2, 3	0, 1, 2, 3
シルト分 (%)	0	35	凍結温度 θ (°C)	-10, -20	-10, -20
粘土分 (%)	0	61			

X 供試体作成時の水の塩分濃度（溶液に対する溶質の重量百分率）で表示。

II 試験概要

1) 供試体の作成

表-1 に試験に使用した土の物性値と供試体作成条件を示す。供試体の作成は、調整した土を鋼製モールド（4 cm×4 cm×12 cm 3 連）の中に振動・衝撃を加え、脱泡しながら充てんした。そして含水比変化を防ぐため、モールド全体をサランラップ等で覆った後、所定の温度で急冷凍結した。

2) せん断試験装置、試験方法および

整理方法

試験装置は、低温恒温槽を有する万能試験機であり、供試体周囲の雰囲気温度は液化炭酸ガス噴霧で自動的に一定に保持した。

ひずみ速度の設定はプログラム装置によって 1 % / min で行った。

表-2 に载荷方法及整理方法を示す。

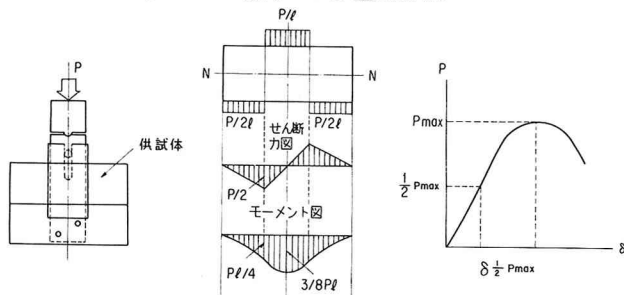
III 試験結果および検討

1) 応力～ひずみ曲線および破壊状況

各塩分濃度の代表的な応力～ひずみ曲線の一例を図-1 に示す。この図から明らかなように応力～ひずみ曲線は、塩分の増加と共に最大応力は小さくなるが、破壊ひずみはさほど変化しないので、塩分を含まない場合の応力～ひずみ曲線を押しつぶしたような形状を呈している。破壊形状は写真-1 に示すように、载荷スパンで2面せん断を起すが粘土や塩分を含まない砂のせん断の場合、図-2 に示すように中央部に亀裂を生じるものもある。

^{*}例えば、凍土の曲げ特性について、第18回土質工学研究発表会 PP 745～746 昭和 58

表-2 载荷および整理方法



$$\tau = \frac{P_{\max}}{2A} = \frac{P_{\max}}{2b \cdot h} \quad E_r = \frac{P_{\max}}{4b \cdot \delta} \quad \epsilon_r = \frac{\delta}{h}$$

ここに P : 荷重 (Kgf), P_{max} : 最大荷重 (Kgf)

l : 载荷スパン (cm)

b, h : 供試体の幅及び高さ (cm)

δ : スパン中央の変位 (cm)

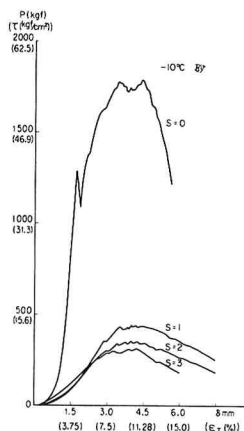


図-1 応力～ひずみ曲線



写真-1 破壊状況

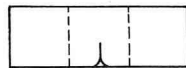


図-2 破壊状況

2) 塩分濃度とせん断強度との関係

図-3に塩分濃度とせん断強度との関係を示す。この図からせん断強度は温度に関係なく、砂、粘土とも塩分含有量が増加するとともに低下することがわかる。その低下度合は粘土より砂の方が大きく、特に砂では塩分濃度0~1%間で急激な強度低下を示している。低下度合を、塩分を含まない場合のせん断強度を1として、塩分濃度別のせん断強度との比率で示すと図-4のようになる。図から明らかなように0~1%の間での比率は砂で、0.3~0.4、粘土で0.6~0.8であり、塩分濃度1%以上ではほぼ直線的に強度低下を示している。なお、土質に関係なく温度の高い方が低下率が大きい傾向にある。このような塩分濃度とせん断強度との関係は既に報告した、圧縮・曲げ強度と同じ傾向にある。

3) せん断強度と一軸圧縮試験の関係

図-5に一軸圧縮強度とせん断強度の比 τ/qu と塩分濃度との関係を示す。図から明かなように若干バラツキはあるが、塩分濃度にはほとんど関係なく、粘土で0.4~0.6(-10℃ 0.5~0.6, -20℃ 0.4~0.5)砂で0.3~0.5(-10℃ 0.4~0.5, -20℃ 0.3~0.4)であり、粘土の方が砂より大きく、温度が高い方が大きい傾向にある。今回の試験で得られた τ/qu の値は、凍土の設計基準強度例などにみられる強さ比に近くなっている。

4) せん断変形係数とせん断強度との関係

図-6にせん断変形係数 E_r とせん断強度との関係を示す。図から明かなように、両者の間は直線関係にあることがわかる

V まとめ

今回の試験結果をまとめると次のようになる。

1) 塩分濃度 S の増加と共にせん断強度 τ は低下し、特に塩分濃度が0~1%の所での強度低下が大きい。また塩分濃度の影響は粘土より砂の方が大きい。

なお、砂で $\tau(S=1\%) = 0.3 \sim 0.4 \tau(S=0\%)$

粘土で $\tau(S=1\%) = 0.6 \sim 0.8 \tau(S=0\%)$

2) 一軸圧縮強度 qu との比較でみると塩分濃度に関係なく、せん断強度 τ は

砂で $\tau = 0.3 \sim 0.5 qu$

粘土で $\tau = 0.4 \sim 0.6 qu$ である。

V あとがき

せん断試験法として比較的簡単な二面せん断試験を行なったが本試験は曲げや斜め圧縮の影響が入り、真のせん断強度は得にくいともいわれているので、今後はこの点に工夫をこらして真のせん断強度を求めていく所存である。

文献

1) 土木研究所：地盤凍結工法指針(案) 土木研究資料第1540号, 昭55

2) 国分正胤編：土木材料実験, 技報堂 1969

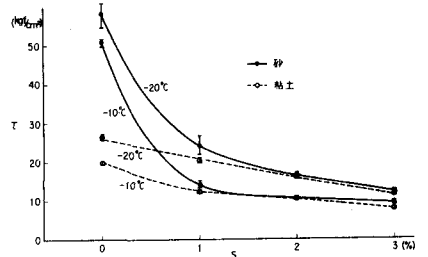


図-3 τ と S の関係

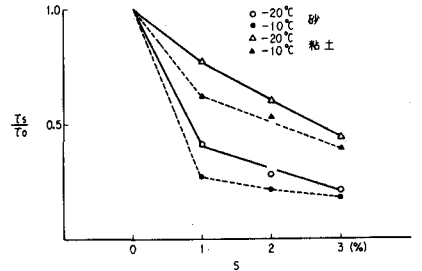


図-4 τ_s/τ_0 と S の関係

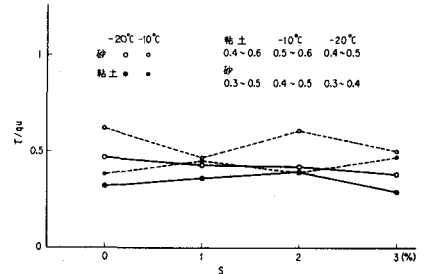


図-5 τ/qu と τ の関係

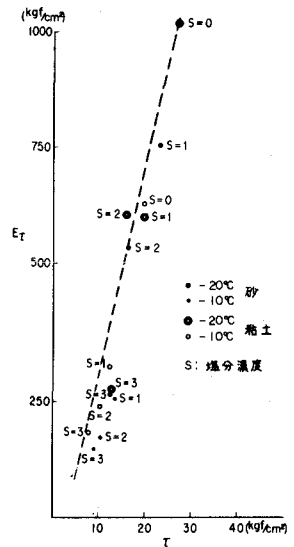


図-6 E_r と τ の関係